



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Titulación: **Grado en Ciencias Ambientales**

Título del trabajo:

**Manejo de la plaga de la procesionaria del pino
Thaumetopoea pityocampa (Den. & Schiff.) en
Zaragoza, ciudad.**

English title:

**Management of the plague of the pine
processionary *Thaumetopoea pityocampa* (Den. &
Schiff.) in Zaragoza, city.**

Autor/es

Yaiza Moreno del Barrio

Director/es

Juan J. Barriuso Vargas

Amalia Barnola Petit

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2019

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	Justificación y antecedentes.....	3
1.2.	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> Den. & Schiff.	4
1.3.	Especies arbóreas a las que afecta	12
1.4.	Plaga urbana frente a plaga forestal	13
2.	OBJETIVOS	15
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1.	Situación geográfica	16
3.2.	Determinación zonas de estudio.....	17
3.3.	Aplicación de los distintos métodos de manejo de la plaga	19
3.3.1.	Trampas feromona	19
3.3.2.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	23
3.3.3.	Endoterapia	24
3.3.4.	Eliminación física de bolsones.....	26
3.3.5.	Colocación de trampas barrera en el tronco.....	27
3.4.	Análisis estadístico.....	30
4.	RESULTADOS Y DICUSIÓN.....	31
5.	CONCLUSIONES.....	55
6.	BIBLIOGRAFÍA	57
	ANEXOS.....	66

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. Ciclo biológico de <i>T.pityocampa</i> en Aragón.....	7
FIGURA 2. Distribución de <i>T.pityocampa</i> en el mundo. Poulsom, 2016; CABI, 2019	10
FIGURA 3. Mapa de distribución de <i>T.pityocampa</i> en Aragón atendiendo al estado de defoliación de la masa forestal (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, 2017).....	11
FIGURA 4. Plano de la ciudad de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza, 2015. Ruta 1 naranja, Ruta 2 rosa.....	17
FIGURA 5. Mapa de zonas verdes en la ciudad de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza, 2013.....	18
FIGURA 6. Calendario de aplicación de los distintos métodos de control durante la campaña 2017-2018.....	19
FIGURA 7. Modelo trampa g de la empresa Opennatur. Opennatur, 2018.....	20
FIGURA 8. Pasos para montar una trampa modelo g para captura de adultos machos de procesionaria. Opennatur, 2018.	22
FIGURA 9. Aplicación de endoterapia. Fertinject, 2014.....	26
FIGURA 10. Ejemplo de método físico de corta de bolsones.....	27
FIGURA 11. Kit de montaje de trampa collar. Personal Garden Shop, 2017	28
FIGURA 12. Colocación de anillos perimetrales en tronco. Opennatur, 2018.....	30
FIGURA 13. Representación del número de pies y bolsones afectados por <i>T.pityocampa</i> en la campaña de eliminación del año 2017.....	31
FIGURA 14. Incidencia de <i>T.pityocampa</i> en la ciudad de Zaragoza por distritos. año previo al estudio (2017).....	32
FIGURA 15. Resultados de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la muestra nº bolsones eliminados (año 2017).....	38
FIGURA 16. Resultados del análisis Post hoc (comparación entre parejas de distritos)	38

FIGURA 17. Evolución de la <i>T.pityocampa</i> tras la aplicación de los distintos métodos de manejo de la plaga. Año 2017 vs Año 2018..	39
FIGURA 18. Distribución de las trampas de monitoreo en los distintos distritos de la ciudad de Zaragoza.....	41
FIGURA 19. Representación del periodo de vuelo de adultos de procesionaria en Zaragoza para el año 2017.	45
FIGURA 20. Ciclo biológico de la procesionaria en Aragón. Montoya et al., 2002.	45
FIGURA 21. Periodo de incubación esperado en función de las capturas registradas basado en las hipótesis de Demolin (1969).....	46
FIGURA 22. Representación del periodo de eclosión esperado para L1 en función de la puesta	47
FIGURA 23. Ciclo biológico esperado para la procesionaria en nuestro año de estudio, en función del periodo estimado de eclosión.	48
FIGURA 24. Periodo aplicación tratamiento con <i>B.thuringiensis</i> en relación al estadio larvario de la procesionaria.	50
FIGURA 25. Periodo de vuelo de <i>T.pityocampa</i> para el año 2018 y ejemplares capturados en cada una de las revisiones efectuadas de las trampas de monitoreo	52
FIGURA 26. Representación de la curva de vuelo de la procesionaria para los años 2017 y 2018.	54

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. Descripción morfológica de <i>T.pityocampa</i> según el estadio larvario en el que se encuentra.	6
TABLA 2. Resultados prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre la muestra bolsones eliminados en el (Año 2017).....	34
TABLA 3. Resultados prueba homogeneidad de varianzas para la muestra bolsones eliminados (Año 2017).	35
TABLA 4. Resultado de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la muestra nº bolsones eliminados (año 2017).....	35
TABLA 5. Resultados prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre la muestra bolsones eliminados en el (Año 2018).....	36
TABLA 6. Resultados prueba homogeneidad de varianzas para la muestra bolsones eliminados (Año 2018).....	37
TABLA 7. Resultado de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la muestra nº bolsones eliminados (año 2017).....	37
TABLA 8. Resultados de la prueba t de student para muestras relacionadas para comprar los resultados de eliminación de bolsones de los años 2017 y 2018.	41
TABLA 9. Capturas de Individuos de <i>T.pityocampa</i> registradas en la Ruta 1.....	42
TABLA 10. Capturas de individuos de <i>T.pityocampa</i> registrados en la Ruta 2.....	43
TABLA 11. Número total de capturas registrado semanalmente..	44
TABLA 12. Temperaturas y Precipitaciones medias registradas en la ciudad de Zaragoza a lo largo del año 2017 comparándolas con los datos recogidos en el periodo 1981-2010 (AEMET, 2020).....	46
TABLA 13. Temperaturas medias registradas en el periodo invernal (2017-2018) en la ciudad de Zaragoza (AEMET, 2020).....	49

RESUMEN

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) es uno de los principales insectos defoliadores de la región mediterránea. Su abundancia en la ciudad, junto con el riesgo para la salud de personas y animales domésticos en zonas recreativas o con alta afluencia, han motivado la realización de este trabajo. Con él se pretendía estudiar el comportamiento de la plaga en la ciudad, con el fin de poder definir una estrategia de control para reducir sus niveles.

Para conocer el estado actual de la procesionaria se aplicaron distintas estrategias basadas en el manejo de la plaga. En primer lugar se colocaron trampas de feromona para la captura de mariposas macho, lo que nos permitió conocer el vuelo de la procesionaria en nuestra ciudad. Posteriormente se aplicaron tratamientos de endoterapia y *Bacillus thuringiensis* para provocar la muerte de las larvas en sus primeros estadios, antes de que la aparición de los pelos urticantes. Al inicio de la aparición de los nidos, se aplicaron métodos físicos para su eliminación. Y finalmente se colocaron trampas barreras en los troncos para tratar de capturar a los individuos que hubiesen sobrevivido a los tratamientos anteriores durante la fase de descenso del árbol para enterrarse en el suelo.

Se realizó un análisis estadístico del número de bolsones eliminados en el año anterior al estudio y durante nuestro año de estudio, tras la aplicación de los tratamientos.

Una vez analizados estadísticamente los datos proporcionados, se comprobó que la plaga presenta un comportamiento errático para las variables consideradas en este estudio por lo que sería recomendable continuar estudiándola. Asimismo se aconseja repetir los tratamientos aplicados durante este trabajo durante al menos dos años para lograr controlar la plaga.

PALARAS CLAVE:

Thaumetopoea pityocampa, *Pinnus*, plaga urbana, monitorización, control plaga, ciclo biológico, riesgos.

SUMMARY

The pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) is one of the main defoliating insects in the Mediterranean region. Its abundance in the city, together with the risk for the human health and domestic animals in recreational areas or with high affluence, has motivated this work. His purpose was intended to study the behavior of the plague in the city, in order to define a control strategy to reduce its levels.

In order to know the current status of the processionary were applied different strategies based on pest management. Firstly, pheromone traps were placed to capture male butterflies, which allowed us to know the flight of the processionary in our city.

Subsequently, endotherapy treatments and *Bacillus thuringiensis* were applied to cause the death of the larvae in their early stages, before the appearance of stinging hairs. At the beginning of the appearance of the nests, physical methods were applied for their elimination. And finally, barrier traps were placed in the trunks to try to catch the individuals that had survived the previous treatments during the descent phase of the tree to bury itself in the ground.

There was a statistical analysis of the results from the number of bags removed in the year before our study and in our year study, after the application of the treatments.

After analysing the results achieved in the statistical analysis, it was found that the pest exhibits an erratic behavior for the variables considered in this study, so it would be advisable to continue studying it.

KEY WORDS

Thaumetopoea pityocampa, *Pinnus*, urban pest, monitoring, pest control, life cycle, processionary, risks.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y antecedentes

Los motivos que han llevado a la realización de este trabajo radican en diferentes aspectos, pero el principal de ellos es la situación actual de *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff., popularmente conocida como procesionaria del pino, en la ciudad de Zaragoza.

El daño que origina la procesionaria de pino en zonas recreativas como parques y jardines no solo es estético, causando un impacto negativo para el crecimiento de los árboles, también es sanitario (Martín, 2010), debido a la proteína irritante liberada por sus pelos urticantes al romperse, llamada thaumetopoeína (Dutau, 2018).

Por esto, supone una preocupación importante para los administradores forestales (Salman et al., 2016), y su tratamiento se hace imprescindible en los pinares con valor recreativo y zonas de uso público con presencia de pinos en los que la estancia de las personas se hace imposible en ciertas épocas del año (Sanchis et al., 1990).

En el caso de la ciudad de Zaragoza, el trasplante de los pinos del Monte de Torrero como consecuencia de una clara llevada a cabo en los años 80 acarrió que en la actualidad, además de los numerosos pinos distribuidos en las zonas verdes, haya en torno a 7000 unidades distribuidas en el viario de la ciudad. Estas cobran mayor importancia aún si cabe, al tratarse de zonas de obligado paso para el desplazamiento peatonal, y cuya responsabilidad por tanto, recae sobre la administración local al encontrarse con un problema sanitario, y de riesgo por caídas, derivado de lo que inicialmente se vio como una oportunidad de arbolar la ciudad.

Tan solo desde el 23 de enero hasta el 7 de marzo de 2017, el Ayuntamiento de Zaragoza procedió a la retirada de 650 nidos de procesionaria en más de 180 pinos afectados por la plaga (Ivars, 2017).

Desde que la población de procesionaria se convirtió en una plaga molesta difícil de controlar, la ciudad de Zaragoza ha llevado a cabo métodos de lucha

integrada para tratar de controlarla, siempre bajo el marco del *Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios*: métodos químicos (endoterapia), biológicos (*Bacillus thuringiensis* y trampas para captura de machos, físicos (anillos barrera en los troncos) y mecánicos (retirada de bolsones).

En septiembre de 2017 el Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza firma un convenio con la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Zaragoza, para la asesoría en la sanidad del arbolado de los Parques y Jardines de la ciudad para el año 2018. Este se enmarca en el manejo de dos plagas urbanas preocupantes en la actualidad, la procesionaria del pino (*T.pityocampa*) y el picudo rojo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier.), y tiene por objeto en años próximos poder tener controladas inicialmente estas plagas, y establecer las condiciones adecuadas en las áreas verdes que lo requieran para la restauración del ecosistema degradado que aparentan.

Es dentro del marco de esta colaboración, en el ámbito de *la procesionaria del pino*, dónde nace y se enmarca este trabajo.

Finalmente, se nos presentan una serie de retos, dada la escasa bibliografía que existe sobre manejo de la plaga en ámbitos urbanos, ya que hasta ahora la mayoría de autores se han centrado en el manejo y control de la plaga en las masas forestales.

1.2 Thaumetopoea pityocampa Den. & Schiff.

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Thaumetopoeidae

Subfamilia: Thaumetopoeinae

Género: *Thaumetopoea*

Especie: *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller, 1775

1.2.1. Descripción de la plaga

A la llegada del verano, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, se produce la eclosión de las crisálidas y el vuelo de los machos convertidos en mariposa. En cada localidad dura de 45 a 60 días, siendo más tardío en los lugares más cálidos (Montoya et al., 2002). La vida de los adultos dura entre 1 y 2 días en el caso de las hembras, y algo más para los machos (Zhang y Paiva, 1998; Torres, 2015).

A menudo, el apareamiento y la puesta tienen lugar la misma noche del nacimiento, los machos son atraídos por las hembras a través de feromonas (Torres, 2015). La puesta tiene un aspecto de cilindro de color paja de unos 3 cm de longitud, proporcionado por las escamas que la hembra alberga en el extremo de su abdomen (Sarto et al., 1989). Cada hembra realiza una única puesta con 150-350 huevos (Torres, 2015). La vista y el olfato ayudan en la distancia a localizar el lugar más óptimo para la puesta discerniendo entre siluetas y aquellas especies por las que muestran preferencia (Bachiller, 1981), como *Pinus nigra* (pino laricio) en nuestra zona de estudio (Montoya et al., 2002). Y en último lugar, será a través del tacto como acabarán decidiendo el lugar más preciso para la puesta (Romanyk y Cadahia, 2001). Otros autores señalan que selecciona el árbol por su crecimiento (Perez-Contreras et al., 2008) y por su posición en el horizonte (Demolin, 1969).

Transcurridos aproximadamente 30 días, se produce la eclosión de las larvas en su primer estadio (L1), que comienzan a alimentarse durante la noche. Desde su nacimiento las larvas experimentan cuatro mudas, y pasan por cinco estadios larvarios los cuales se detallan en la Tabla 1. Durante sus cinco estadios mantienen un comportamiento gregario (Generalitat de Catalunya, 2014).

Tabla 1. Descripción morfológica de *T.pityocampa* según el estadio larvario en el que se encuentra.

Estadio Larvario	Descripción morfológica
L1	En el momento de nacer miden 2,5 mm y son de color verde manzana con manchas oscuras en el dorso, y más claras en el tórax. Pilosidad escasa. Cápsula cefálica negra y sin pilosidad. En esta fase pueden alcanzar los 5-6mm.
L2	Aparece una pilosidad amarillo-anaranjada en el dorso y blanca en los laterales. Continúan siendo visibles las manchas negras, que corresponden a los futuros receptáculos de los pelos urticantes. Alcanzan unos 10-12 mm.
L3	Adquiere su aspecto definitivo. La pilosidad en abdomen y tórax es blanco amarillenta y rojiza en la zona dorsal. Aparecen repliegues de tegumento con receptáculos de los dardos urticantes
L4	Similar a L3, pero de mayor tamaño
L5	Adquiere la medida definitiva, 25-40mm.

La primera muda se produce transcurridos unos 8-12 días, pasan entonces al segundo estadio (L2) en el cual permanecerán entre 12 y 18 días. Su comportamiento durante estos estadios es bastante similar, van de un lugar a otro de árbol para localizar alimento.

En el mes de noviembre alcanzan el tercer estadio (L3), el cual tiene una duración de unos 30 días, y aparecen los pelos urticantes que hacen que a partir de este momento su presencia se convierte en un problema para la salud. La colonia elige su emplazamiento definitivo formando los característicos bolsones blancos, ubicados preferentemente en una rama soleada, en la copa del árbol hospedador. Se dice que en este momento comienza la defoliación real del árbol.

El cuarto estadio (L4) tiene duración variable, de un mes en zonas cálidas a todo el invierno en zonas frías.

En el último estadio (L5) se incrementa notablemente la ingesta de alimento, llegando incluso a descender del árbol para ir a otro en busca de alimento, es cuando tienen lugar las defoliaciones más intensas.

Transcurridos unos 30 días, cuando las temperaturas alcanzan los 20°C, las orugas abandonan durante las primeras horas de la mañana el árbol en hilera en busca del lugar más adecuado para enterrarse y formar un capullo individualmente. Muestran preferencia por los claros, dónde el sol calienta más la tierra.

Transcurridos 30 días, se transforman en crisálida a una profundidad de 15-20 cm (Montoya et al., 2002) y entran en una diapausa que puede alargarse varios años (Muñoz et al., 2007). Al finalizar la diapausa tiene lugar la formación del adulto que dura un mínimo de tres semanas.

En la figura 1 se muestra el calendario aproximado para el ciclo de *T.pityocampa*.

Ciclo de la procesionaria

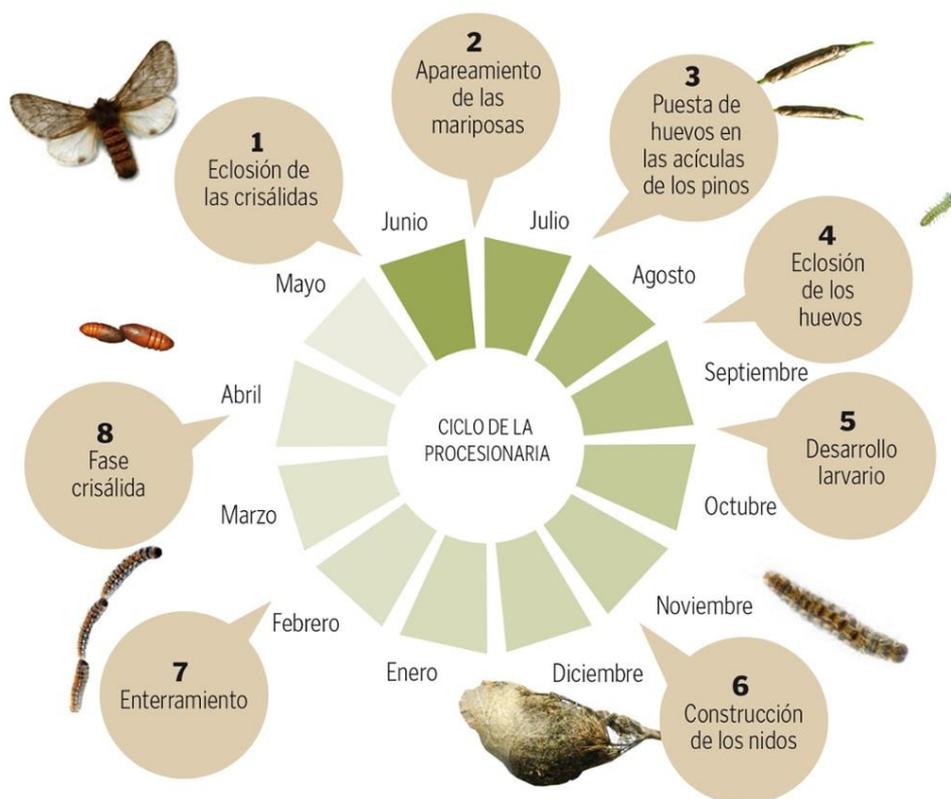


Figura 1. Ciclo biológico de *T.pityocampa*. Heraldo de Aragón, 2018.

1.2.2. Manejo de la plaga

Los métodos tradicionales de tratamiento en función del nivel de infección de la masa forestal, son muy variados. Empleados correctamente pueden mantener a las poblaciones de procesionaria por debajo de los niveles de nocividad (Curiel et al., 1997).

Enemigos naturales

Según el estadio en el que se encuentra, *T.pityocampa* puede verse afectada por distintos tipos de enemigos naturales (Romanyk y Cadahia, 2001): Depredadores como los murciélagos (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber.) que se alimentan de los adultos que vuelan próximos a los puntos de luz (Martín, 2010), patógenos como la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berl.) (El Yousfi, 1990) o el hongo ascomiceto *Beauveria bassiana* (teleomorfo *Cordyceps bassiana*) (Alemany et al., 1994) que logran reducir las poblaciones de procesionaria en estado larvario. O parásitos, como *Tetrastichus servadei* (Himenóptera, Eulophidae) y *Oencyrtus pityocampae* (Himenóptera, chalcidoidea, Encyrtidae) (García et al., 1994) que parasitan los huevos de la procesionaria pudiendo llegar a causar el 60% de bajas de la puesta (Alemany et al., 1994).

Métodos mecánicos

Están fundamentados en la eliminación de bolsones o nidos mediante el corte y destrucción de los mismos (Romanyk y Cadahia, 2001).

Métodos químicos

Se basan en la aplicación de productos químicos para controlar la plaga, generalmente en disolución acuosa, mediante pulverizadores (Generalitat de Catalunya, 2014). Los más empleados son los piretroides, productos de síntesis que actúan por contacto e ingestión, de actuación similar a las piretrinas naturales, pero más fotoestables y persistentes que estas (Catalan et al., 2016). Estos tratamientos también se pueden aplicar a través de la endoterapia (inyección directa en el árbol del producto fitosanitario a través de una pequeña perforación que llega a los vasos conductores

ascendentes (xilema) ejerciendo una presión, y provoca que la solución entre en contacto con el árbol y los organismos que se alimentan de él).

Antes de cualquier uso de un producto fitosanitario, debe comprobarse que dicho producto esté autorizado para su aplicación tanto para el ámbito en el que pretende emplearse, como para la plaga y especie vegetal a las cuales va destinado. En el anexo I se incluyen los productos autorizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca, y Alimentación (2020) para el control de *T.pityocampa*. Debe tenerse en cuenta que nuestro ámbito de aplicación se corresponde con zonas de uso público, donde su uso está más restringido, por lo que la aplicación de estos productos deberá realizarse siempre en cumplimiento de lo establecido en el *Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios*, especialmente en su *anexo VIII*.

Métodos biorracionales

Considerados de tipo complementario, están caracterizados por ejercer una acción de tipo fisiológico, basada en el ciclo biológico y comportamiento. Se encuentran en este grupo las feromonas sexuales (Catalán et al., 2016), campo en el que recientemente ha surgido una nueva forma de control basada en la confusión sexual de las mariposas (Pine T Pro Ball), y los reguladores de crecimiento cuyo principio activo inhibe la producción de quitina impidiendo que las orugas puedan mudar y llevándolas por tanto a la muerte del organismo.

Métodos biológicos

Basados, entre otras opciones, en el empleo de bacterias como *Bacillus thuringiensis* (Lopez-Sebastián et al., 2007), cuya eficacia es buena durante los tres primeros estadios (Bachiller, 1981).

1.2.3. Distribución de la plaga

Distribución mundial

T.pityocampa es una especie abundante en los bosques de pinos de la cuenca Mediterránea y de algunos países de Europa Central, su rango geográfico actual se extiende desde el norte de África hasta el sur de Europa, desde la costa atlántica hasta las partes occidentales de Turquía (figura 2) (Poulsom, 2016).

Fuera de Europa y el Norte de África no se conoce su presencia y los datos registrados relativos a Oriente Medio se refieren a *T.wilkinsoni*, una especie estrechamente emparentada (Poulsom, 2016).

En estudios realizados por Battisti et al., (2005; 2006) se demostró que el incremento de las temperaturas invernales está provocando su expansión hacia el norte y en altitud.

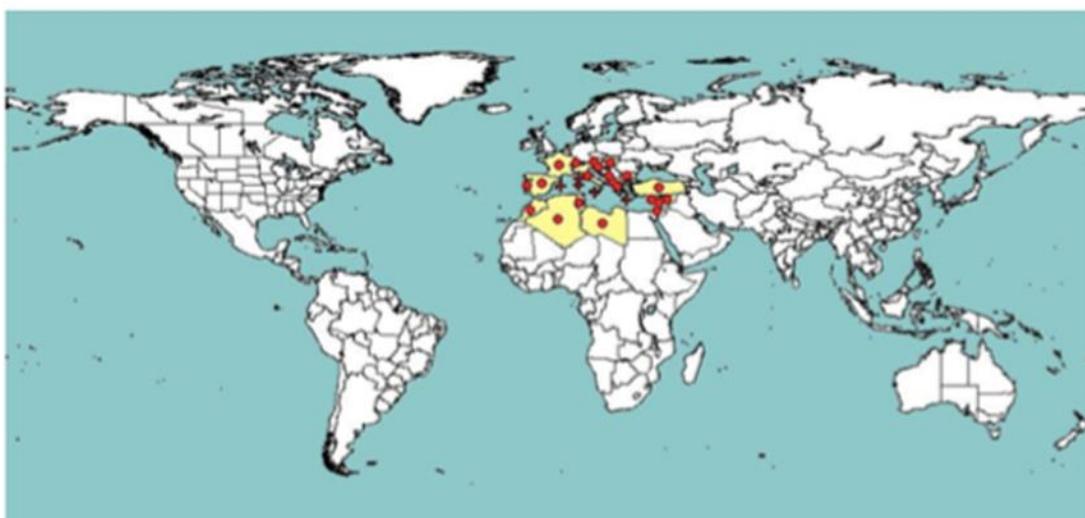


Figura 2. Distribución de *T.pityocampa* en el mundo. Poulsom, 2016; Cabi, 2019.

Distribución en España

En España vive en toda la península y Baleares. En el año 1977 la superficie total amenazada era de aproximadamente 1.200.000 ha, el doble que en el año 1966, donde ocupaba más de 600.000 ha (Romanyk y Cadahia, 2001).

Según datos recogidos en el Inventario de daños forestales (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, 2017), en España para el año 2017, el número de árboles cuya defoliación era superior al 25% (lo que se considera como árboles dañados) incremento notablemente respecto al año anterior, siendo los

insectos, *T.pityocampa* a la cabeza, una de las principales causas (24,01% respecto al total).

Distribución en Aragón

Aragón posee 2.615.332 ha de superficie forestal, de los cuales el 59,02% se corresponde con superficie arbolada. De estas, 953.440 (61,78%) está representado por coníferas (Instituto Aragonés de Estadística, 2017).

En la figura 3, se muestran las localizaciones en las cuales se han detectado defoliaciones causadas por la procesionaria del pino y el grado de afección que presentan en base a los datos recogidos en el Inventario de Daños Forestales en España (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, 2017).

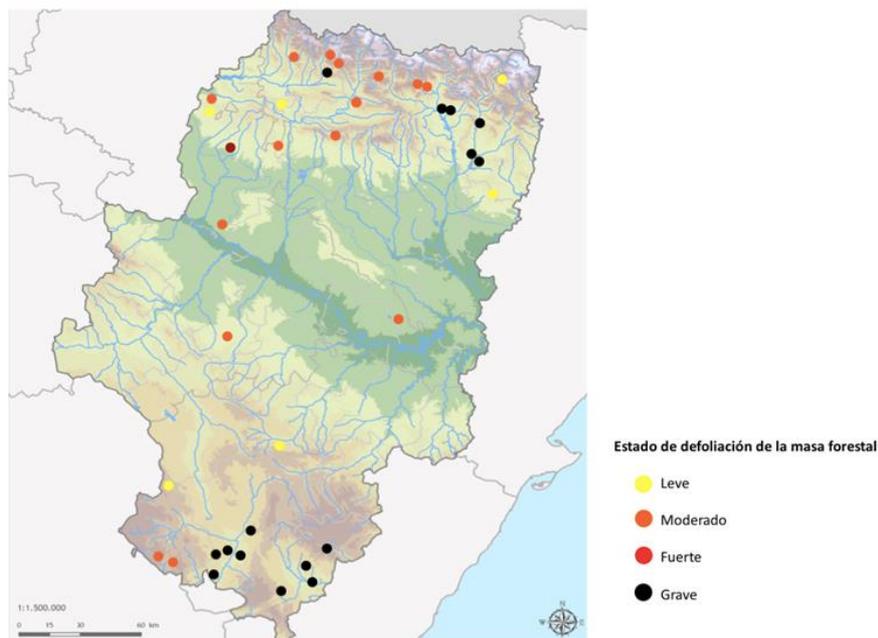


Figura 3. Mapa de distribución de *T.pityocampa* en Aragón atendiendo al estado de defoliación de la masa forestal (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, 2017).

Distribución en Zaragoza

En la ciudad de Zaragoza, la presencia de *T.pityocampa* se ha detectado en prácticamente todos los barrios de la ciudad.

1.3 Especies arbóreas a las que afecta

T.pityocampa, es una especie oligófaga que afecta fundamentalmente al género *Pinus* sp., mostrando preferencia por los pinos exóticos y, en especial *Pinus nigra* Arn. (pino salgareño, pino negro, pino laricio, pino negral, pino albar) (Martín, 2010), pudiendo afectar también a cedros (*Cedrus* sp.) y ocasionalmente a abetos de Douglas (*Pseudotsuga* sp.) (Robinet et al., 2014).

A pesar de esto, a medida que pasa el tiempo, si no encuentra el soporte óptimo para la ovoposición todos los mecanismos van cediendo y se ve obligada a buscar otros hospedadores, lo que explica la presencia de puestas en *Pinus halepensis* Mill. o incluso en tallos herbáceos (Romanyk y Cadahia, 2001).

Atendiendo a la susceptibilidad de ser atacadas por la plaga, según la literatura, las especies del género *Pinus* sp. se clasifican en dos grupos (Romanyk y Cadahia, 2001). En el grupo primero se sitúan las especies con mayor probabilidad de ser atacadas por *T.pityocampa*, es decir, aquellas por las cuales presenta preferencia, y por tanto van a presentar los daños más graves. Y en el segundo aquellas que, a pesar de ser susceptibles de ataque, en presencia de las del primer grupo serán descartadas.

Grupo primero:

- *Pinus nigra* Mill. Syn.- *P. Austriaca* Hoess.= *P. nigricans* Host = *P. maritima* ssu. Koch.; Nom. Vul. pino salgareño, pino negro, pino laricio, pino negral, pino albar).
- *Pinus canariensis* Sweet, ex Spreng, Syn.- *P. canariensis* D.C. = *P. canariensis* C.Sm.; Nom. Vul. pino canario.
- *Pinus sylvestris* L. Syn. *P. silvestris* L. = *P. rubra* Mill. = *P. borealis* Salisb. = *P. binato folio* Gilibert.; Nom. Vul. pino silvestre, pino rojal, pi rojal, pino royo.

Grupo segundo:

- *Pinus pinaster* Ait. Syn. *P. maritima* Mill. , nom. Ambiguum = *P. glomerata* Salisb. = *P. escarena* Risso. = *P. lemoniata* Benth. = *P. hamiltoni* Ten.; Nom. Vul. pino negral, pino rodeno, pino resinero.

- *Pinus halepensis* Mill. Syn *P. maritima* ssu. Lamb. = *P. resinosa* ssu. Lois = *P. arabica* Sieber = *P. hispánica* S.E. Cook = *P. alepensis* Poir. = *P. carica* Don. = *P. hierosolimitana* Duh. ; Nom. Vul. Pino carrasco, pino blanquillo, pi blanc.
- *Pinus pinea* L. Syn. *P. sativa* C. Bauh. = *P. domestica* Mathiol. = *P. umbraculifera* Tornef.; Nom. Vul. pino piñonero, pino albar, pino doncel.

Se desconoce el motivo por el cual no todas las especies del genero *Pinus* son comestibles en el mismo grado, a pesar de que numerosos estudios lo han atribuido al contenido en nitrógeno y fibra de las acículas (Battisti, 1988) (Hódar et al., 2003) entre otros, o si por el contrario, hay especies capaces de generar una respuesta inducida que merme la supervivencia de la población (Hódar et al., 2012).

1.4 Plaga urbana frente a plaga forestal

A pesar de que los efectos de *T.pityocampa* como plaga forestal son ampliamente conocidos y estudiados, hasta el momento se ha prestado menos atención a los efectos negativos que causa en zonas urbanas.

A esto se le añade el hecho de que en regiones como el norte de Francia, las zonas recientemente colonizadas corresponden en su mayoría a áreas urbanizadas en lugar de bosques (Salman et al., 2016), en las que la desinformación de los ciudadanos junto a su reciente presencia convierte a la plaga en un problema de salud pública superior al de salud forestal (Rossi et al., 2016).

En el entorno forestal se conoce que para el caso de repoblaciones jóvenes, el hecho de que hayan estado sometidas a sucesivas defoliaciones puede llevarlas a un estado precario de la masa, perdiendo así su función protectora. Son también conocidas las pérdidas económicas que supone la presencia de la procesionaria en el desarrollo de trabajos como podas o recogida de piñas (Gomboc et al., 2004).

En el ámbito urbano, es algo más complejo, ya que la plaga depende tanto de la distribución de zonas verdes y ecologización como de los procesos sociodemográficos, por tanto para comprender la plaga se requiere de un enfoque global que sintetice los

aspectos naturales y socioeconómicos (Rossi et al., 2016). En adición, se suma el desconocimiento de la ecología de la especie en ambientes urbanos, donde se desconocen las especies de árboles hospedadoras por las que muestra preferencia.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es el control eficaz de las poblaciones de procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) en la ciudad de Zaragoza reduciendo el número de individuos por debajo del umbral de daños.

Objetivo específico

Se pretende establecer una aproximación de la densidad poblacional de *T.pityocampa* en el entorno urbano de Zaragoza que ayude a determinar sus patrones de distribución en relación con los factores ambientales.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El método de actuación seguido para desarrollar la estrategia de control que se plantea en este trabajo, y determinar el estado de la población actual de *T.pityocampa* en la ciudad de Zaragoza ha sido el siguiente:

- 1) Identificación de la plaga en la ciudad. Para esto se contó con el trabajo realizado previamente por el Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza en los años anteriores a este trabajo.
- 2) Determinación de la zona de aplicación de los distintos métodos de control. Esta acción se realizó de manera conjunta junto con el Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza
- 3) Colocación de los distintos métodos para el manejo de la plaga que abarca este estudio, en colaboración con la brigada de parques y jardines (Contrata FCC) y el Servicio de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza.
- 4) Seguimiento constante de manera periódica del estado de la plaga. Para ello se fueron recogiendo de las distintas trampas de control colocadas, según la época del ciclo en la que nos encontrábamos, los datos aportados por estas.
- 5) Análisis estadístico de los datos obtenidos, y búsqueda de correlaciones entre el estado de la plaga y los efectos de los métodos de control empleados.
- 6) Redacción de conclusiones en base a los resultados obtenidos.

3.1. Situación geográfica

El estudio se ha desarrollado en la ciudad de Zaragoza (figura 4). Situada en la margen derecha del valle medio del Ebro a 240 metros de altitud sobre el nivel del mar, en ella confluyen los ríos Ebro, Huerva, Gállego y el Canal Imperial de Aragón.

La ciudad posee un clima mediterráneo de tendencia árida a seca, con inviernos fríos y veranos calurosos y secos, propiciado por su ubicación en plena depresión del Ebro. Su temperatura media es de 15°C, llegando a registrarse en verano temperaturas de hasta 43 °C. Sus fuertes contrastes de temperatura vienen dados por la influencia de dos vientos muy distintos: cierzo del NO y bochorno del SE. Las precipitaciones son

escasas, la media pluviométrica se sitúa en 322 mm anuales, y son más habituales en primavera y otoño. Existen muchos días soleados, alcanzándose las 2.700 horas de sol al año.

Su población se situaba en 706.904 habitantes en el año 2018 (Ayuntamiento de Zaragoza, 2019) distribuidos en una superficie de 967.065 Km², lo que supone una densidad de 730,98 hab/km².



Figura 4. Plano de la ciudad de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza, 2015. Ruta 1 naranja. Ruta 2 rosa.

3.2. Determinación zonas de estudio

La ciudad de Zaragoza cuenta con 778,73 ha. de zonas verdes urbanas compuestas por parques y jardines, a las que se le suman otras 67,8 ha. de parques localizadas en el entorno periurbano, un total de 846,53 ha. y 12,2 m²/hab (frente a los 5,73m²/hab de tan solo hace ocho años) que la sitúan en una de las principales ciudades españolas con mayor ratio de zonas verdes por habitante (figura 5) (Ayuntamiento de Zaragoza, 2015).

En 2015 el 100% de la población de Zaragoza se encontraba a menos de 300 m de alguna tipología de zona verde (Ayuntamiento de Zaragoza, 2015).

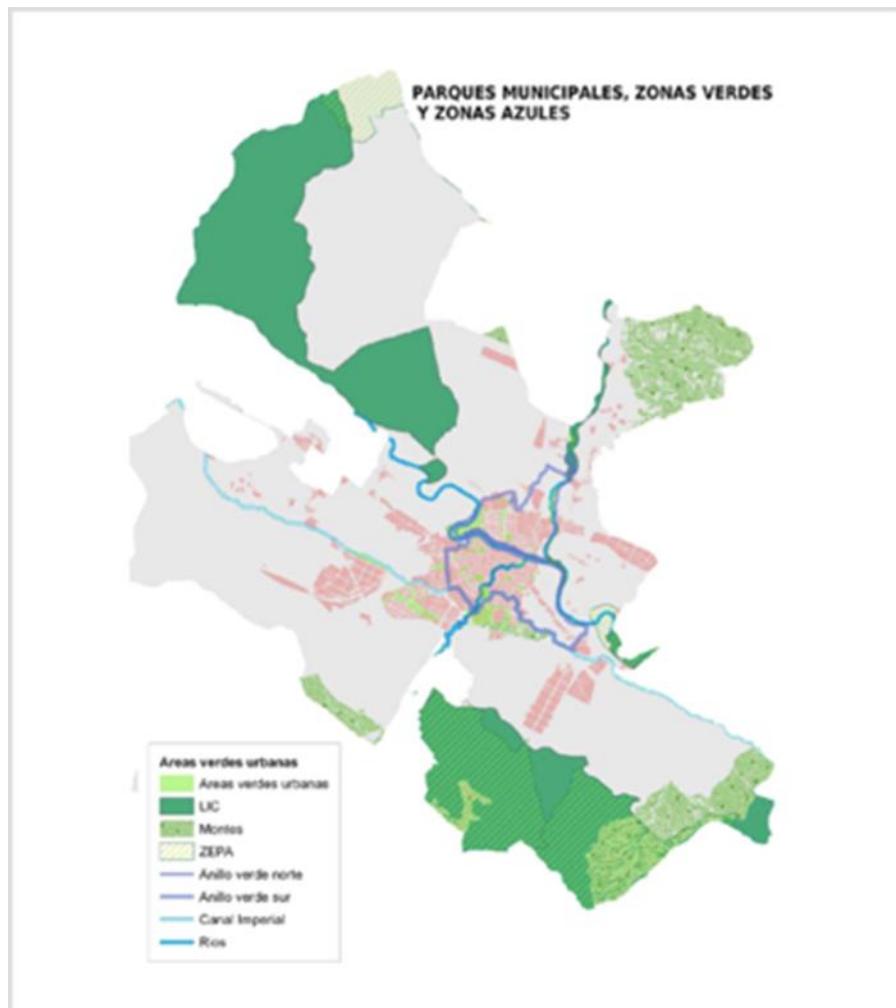


Figura 5. Mapa de zonas verdes en la ciudad de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza, 2013.

Para la realización de este estudio, considerando el elevado número de puntos de muestreo establecidos con el fin de que fuese lo más representativo posible dada la superficie a estudiar, se trazaron dos rutas de muestreo, Ruta 1 y Ruta 2 (figura 4). Tanto el número de puntos de muestreo, como las actuaciones realizadas, fueron los mismos en ambas rutas.

3.3. Aplicación de los distintos métodos de manejo de la plaga

Los métodos empleados para el manejo de la plaga han sido la colocación de trampas de feromona para captura de machos adultos, aplicación de *Bacillus thuringiensis*, eliminación física de bolsones, aplicación de endoterapia, y colocación de trampas collar en los troncos de los árboles. Todos ellos expuestos en la figura 6.

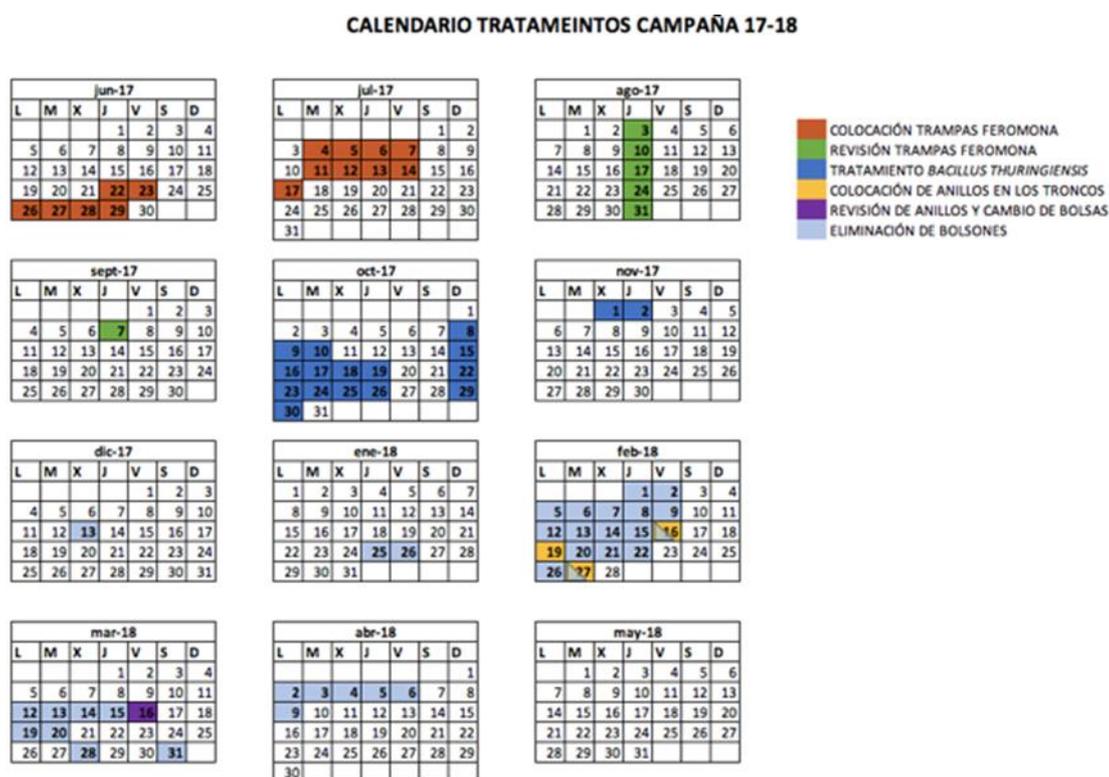


Figura 6. Calendario de aplicación de los distintos métodos de control durante la campaña 2017-2018.

3.3.1. Trampas feromona

Las trampas para captura de machos cebadas con la correspondiente feromona sexual constituyen la primera acción que puede tomarse para controlar la plaga, y debe ser colocada antes de que los machos inicien el vuelo. Además, con los datos de capturas proporcionados por ellas, se elabora la curva de vuelo, clave en la aplicación del resto de métodos de control.

Para decidir que ubicaciones eran las más idóneas para su colocación, dada la extensión de zonas verdes en la ciudad, se optó por tomar como referencia las

ubicaciones en las cuales se habían recibido avisos de presencia de bolsones en la campaña anterior (2016-2017), y aquellas en las cuales el riesgo de afección fuese mayor (colegios, parques y jardines).

Previo al trabajo de campo, se llevó a cabo la localización aproximada de los puntos de muestreo con la ayuda de la aplicación informática *Google earth*. De este modo se aseguró que las ubicaciones fuesen representativas y quedase cubierta la totalidad de la ciudad. En total se colocaron 194 trampas, entre las que se seleccionaron 33 divididas en dos rutas (Ruta 1 y Ruta 2) para muestrearlas quincenalmente, y estudiar el comportamiento de los adultos durante el periodo de vuelo. Como apoyo gráfico a la localización de los puntos de muestreo se elaboró un plano en el que se detallan ambas rutas. Asimismo, en el anexo III se incluye la ubicación de las trampas para captura de machos.

Los materiales a emplear fueron los siguientes:

- Kit trampa modelo G para procesionaria de la empresa OpenNatur compuesto por:
 - Cajetín para entrada de orugas
 - Bolsa para almacenar las orugas capturadas
 - Soporte para la feromona
 - Aro de plástico
 - Clip
- Feromona sintética para captura de polillas macho, también de la empresa OpenNatur.



Figura 7. Modelo trampa G de la empresa OpenNatur. OpenNatur, 2018.

En el anexo VI, se adjuntan las fichas técnicas de los productos empleados.

Las trampas cargadas de difusores de feromonas se instalaron y cargaron antes del inicio del vuelo de los machos para asegurar su efectividad. Esto significa que antes de finales de junio debían estar instaladas. En todas ellas se empleó el mismo tipo de feromona.

La mayoría de árboles elegidos eran de gran tamaño, y todos ellos ubicados en zonas públicas, por lo que las trampas se colocaron a una altura suficiente para impedir que los ciudadanos pudiesen tocarlas o retirarlas.

Se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones: las trampas deben colocarse a un mínimo de 2,5 m del suelo siempre que esto sea posible y todo lo cerca que se pueda de las ramas, y al menos con una separación de 30 cm en el tronco.

El procedimiento seguido para la colocación de cada una de las trampas fue el siguiente:

En primer lugar, se debe introducir la capsula de feromona dentro de la Trampa G. Esta capsula mantiene una atracción eficaz durante al menos 9 semanas según el fabricante (OpenNatur, 2019), atrayendo al macho hacia el interior de la cámara dónde una vez en su interior ya no podrá salir, ya que en su interior existe un paso anti retorno. La capsula de feromona debe conservarse en la nevera hasta que vaya a ser empleada.

Como ya se ha explicado anteriormente, este modelo de trampa dispone de un cajetín para la entrada de orugas. El cajetín, posee en su parte superior un orificio para introducir la capsula de feromona y que está quede protegida gracias a un tapón. Para esto, se cuelga la trampa de un extremo del clip, y en el otro extremo se sujeta el tapón. De este modo se introduce la trampa en el orificio, y este quedará cubierto por el tapón, protegiendo así la trampa.

Después de esto, se vierte un poco de tierra en el interior de la bolsa, que tendrá una doble función, por un lado retener a las orugas, y por otro lado ejercerá de contrapeso para la cubeta, estabilizándola en caso de golpes de viento, muy frecuente en nuestra zona de estudio.

Una vez colocada la tierra, se le da la vuelta al cajetín y se coloca la bolsa alrededor de la ranura dispuesta para tal fin en su parte inferior. Una vez insertada la bolsa en el cajetín, se debe colocar alrededor de la bolsa el aro de plástico, que ejercerá de sujeción.

Finalmente con la ayuda de una cuerda, se cuelga la trampa del árbol.

En la siguiente figura, se detallan los pasos anteriormente descritos para el montaje de una trampa modelo G para la captura de machos adultos.



Figura 8. Pasos para montar una trampa modelo G para captura de adultos machos de procesionaria. OpenNatur, 2018.

Las trampas se comenzaron a colocar el 22 de junio, siempre en horario diurno con el fin de facilitar su ubicación, y se prolongó hasta el día 17 de julio. Fueron colocadas por la brigada de parques y Jardines de la empresa FCC, contrata del Ayuntamiento de Zaragoza.

A partir de su colocación, desde inicios de julio hasta principios de septiembre, quincenalmente se revisaron las trampas para controlar las capturas obtenidas en cada una de ellas. Se debe disponer de bolsas de repuesto para sustituir las posibles pérdidas y deterioros detectados durante la revisión

Durante cada revisión se vaciaba el contenido de las bolsas sobre una superficie estable y con la ayuda de unas pinzas u otro elemento que permitiese separar

individualmente cada polilla se realizaba el conteo de adultos atrapados en cada trampa. Las trampas se vaciaban en cada revisión para evitar volver a contarlas en el siguiente muestreo.

Estos datos se fueron registrando en un estadillo de trabajo en el cual se anotaron los resultados junto con la información necesaria para la correcta identificación de los puntos de muestreo. Posteriormente eran tratados en casa para trasladarlos a una hoja Excel y poder trabajar con ellos. En el anexo IV se adjuntan los datos recogidos durante los muestreos.

Se realizaron un total de 8 revisiones durante el periodo de vuelo.

3.3.2. *Bacillus thuringiensis*

Se trata de un insecticida biológico, cuya aplicación debe realizarse en un momento preciso del ciclo, en los tres primeros estadios larvarios.

Su aplicación se realizó a bandas, de manera lineal, con el fin de cubrir toda la superficie infestada. Las zonas de aplicación de *B.thuringiensis* se muestran en el plano del anexo V. El objetivo de su aplicación era llegar a cubrir la mayor parte de superficie posible.

Los tratamientos se iniciaron el día 8 de octubre y se prolongaron hasta el 2 de noviembre. La aplicación se realizó a partir de las 23 horas, con el fin de evitar posibles molestias a las personas. Además se dispusieron carteles informativos para avisar de la aplicación del tratamiento a lo largo de toda la ciudad.

Para su aplicación se diluye con agua y se aplica pulverizándolo con un cañón. No presenta contraindicaciones para el medio ambiente. A continuación se indica la variedad empleada de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*:

- FORAY 48B (*Bacillus thuringiensis* *kurstaki* (cepa ABTS-351) 13, 9% (10.600 CLU/MG) [SC] P/V). Empresa: OpenNatur, S.A. En el caso de *T.pityocampa* la dosis empleada fue de 3-4l producto/hectárea y un volumen de caldo de 10-500l/ha. Se trata de un producto que en el momento de aplicación se

encontraba dentro del Registro Oficial Central de Productos y Materiales Fitosanitarios. En la actualidad su uso ha sido prohibido.

En cuanto al personal encargado de realizar la aplicación, todos ellos poseían los correspondientes carnets conforme a los distintos niveles de capacitación para aplicación de productos fitosanitarios. Igualmente, todos ellos disponían de los correspondientes equipos de protección individual. Antes del inicio de los trabajos, se revisó el estado de adecuación de la maquinaria.

3.3.3. Endoterapia

Es una técnica que consiste en inyectar directamente en el sistema vascular de la planta el producto fitosanitario, presumiblemente de alta eficacia, y cuyos efectos tienen una durabilidad de dos o más años.

En el caso de las zonas de difícil acceso, o cercanas a patios de colegios, en las cuales la aplicación de *Bacillus thuringiensis* resulta más complicada, se optó por la realización de un tratamiento de endoterapia a modo de prueba, con el cual se pretendía evitar cualquier afección a las personas del entorno. Se aplicó por tanto, en zonas en las cuales se tenía constancia de que la presencia de la plaga podría ser más crítica, como lo son colegios, guarderías y parques infantiles.

Por ser un lugar frecuentado por niños y, dada la abundancia de individuos detectados en la campaña anterior, se eligió para su aplicación el Colegio Domingo Miral sito en la Calle Mesones de Isuela, añadiéndose después un pino ubicado en la Policía Local.

Inicialmente los trabajos estaban previstos realizarse el martes 31 de octubre, pero una avería de la maquina necesaria para su aplicación impidió la realización del tratamiento, obligando a posponerla al martes 7 de noviembre.

Los materiales empleados, cuyas fichas técnicas se adjuntan en el anexo VI, fueron los siguientes:

- Dispositivos inject dosificados con el correspondiente fitosanitario de la empresa OpenNatur
- Taladro
- Broca 6,5 mm para metal
- Conector estándar
- Martillo de nailon
- Alicates

Para la aplicación del tratamiento, el procedimiento es el siguiente:

El primer paso es la realización de los orificios en el tronco del árbol con la ayuda del taladro, con una ligera inclinación hacia abajo. Se debe realizar una perforación de unos 8 cm, aunque en el caso de troncos de menos de 50 cm de diámetro, la profundidad será de unos 4- 5cm.

Una vez realizado el orificio, con ayuda del martillo se introduce el conector por su extremo más largo, hasta que quede perfectamente ajustado. Inmediatamente después para evitar la presencia de resina, y sujetando con una mano el conector y con la otra la botella, se inserta la botella en el conector hasta que quede completamente encajada.

Dado el grosor y ubicación de los árboles en los cuales se realizó este tratamiento, zonas con presencia de niños, se optó por colocar únicamente un dispositivo por tronco.

Transcurridas 3 horas desde la aplicación del producto se debe retirar la botella del conector, y después se extrae el conector.

El número de inyecciones va a depender del perímetro de cada árbol, estas se realizan cada 25-30 cm.



Figura 9. Aplicación de endoterapia. Fertinject, 2014.

El tratamiento fue realizado por personal propio de la empresa OpenNatur, a lo largo de una única mañana de trabajo.

3.3.4. Eliminación física de bolsones

Este método consiste en la eliminación directa de los bolsones, y se aplicó en todas aquellas zonas en las cuales se recibieron avisos de presencia de bolsones. Dada la altura de los árboles en la ciudad, en la mayoría de los casos ha sido necesario el uso de tijeras acopladas a pértigas o plataformas elevadoras para acceder a la copa.

Se debe buscar que la corta sea lo más conservadora posible, para ello, la tijera debe colocarse justo debajo de la base del bolsón, dañando al árbol lo mínimo posible.

Una vez cortados, se recogieron con meticuloso cuidado en bolsas de plástico para después proceder a su quema. En este punto, se tuvieron en cuenta todos los requisitos de la normativa de prevención de incendios solicitando los correspondientes permisos.



Figura 10. Ejemplo de método físico de corta de bolsones.

Durante la eliminación física de bolsones, se deben extremar las precauciones de cara a prevenir cualquier reacción alérgica, por eso los operarios encargados de la corta, portan trajes, guantes, casco y gafas especiales para evitar el contacto directo con el bolsón y las orugas. Igualmente, deben evitar tocarlos

La eliminación de bolsones se inició de manera puntual en el mes de diciembre, con una retirada el día 13, y prosiguió hasta inicios del mes de abril. Igualmente, estos trabajos fueron llevados a cabo por personal de la brigada de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Zaragoza.

3.3.5. Colocación de trampas barrera en el tronco

Para evitar que las larvas alcanzasen el suelo, se emplearon las trampas modelo ECORSE para procesionaria de pino de la empresa OpenNatur, con las cuales se asegura su captura cuando bajan del nido.

Cuando falta poco para que la procesionaria descienda del nido, únicamente queda recurrir a métodos físicos que impidan que las orugas lleguen al suelo. Capturar las orugas en el momento en el cual descienden del nido, constituye por tanto el último recurso.

Esta actuación se aplicó como medida de refuerzo de última fase en aquellos árboles en los cuales se detectó supervivencia de larvas que habían alcanzado el último estadio de desarrollo, con el fin de evitar que llegasen al suelo.

Los aros se colocaron a una altura de aproximadamente 1,5-2 metros para así asegurar que fuesen inaccesibles para los humanos y las mascotas.

Este modelo se compone de un collar ajustable de plástico que rodea el tronco del árbol, y que sirve de guía a las orugas hacia una bolsa llena de tierra vegetal a través de un tubo, en la que se introducen y transforman en crisálida.

En el anexo VI se adjunta ficha técnica del producto.

La trampa consta de un kit completo que abarca pinos de hasta 110 cm de contorno de tronco (unos 35cm de ancho) Se compone de:

- Lámina de plástico transparente
- Dos tiras de espuma de doble densidad
- Un tubo de bajada hacia una bolsa que capturara las orugas
- Una bolsa para retener a las orugas



Figura 11. Kit de montaje de trampa collar. Personal Garden Shop, 2017

Antes de colocar los anillos se descortezó ligeramente el tronco en la zona en la que se pretendía colocar el collar para limar las imperfecciones del tronco, y facilitar la aplicación de la masilla encargada de ligar el anillo al tronco e impedir que las orugas se escapasen. Después se procedió a medir el diámetro del tronco del árbol.

Una vez preparada y medida la zona del tronco en la cual se va a colocar el anillo, el siguiente paso es el montaje del dispositivo.

En primer lugar sujeta al tronco el tubo de bajada con la ayuda de la correa, para ellos el tubo dispone de unos orificios a ambos lados, por los que debemos de pasar la correa ajustándola al grosor del tronco.

El siguiente paso consiste en rellenar la bolsa que recolectara las orugas con un poco de tierra (turba) hasta la mezcla indicada. A continuación se coloca en el tubo de bajada, y se sujeta a la correa con ayuda de unas bridas empleando los orificios que posee a ambos lados para tal fin.

Cuando ya se tiene la bolsa sujeta al tronco, el siguiente paso es preparar el anillo. Se debe eliminar el film protector de la lámina de plástico y se coloca sobre una superficie plana con la parte perforada hacia abajo. Se coloca una de las piezas de espuma sobre la parte inferior de la lámina de plástico, de manera que la punta que está cortada en bisel sobresalga. Se debe dejar un espacio libre de 6 cm para el tubo de bajada. A continuación de ese espacio irá el segundo trozo de espuma, previamente cortada teniendo en cuenta el diámetro del pino anteriormente medido, y dejando 20 cm más como norma general.

Con la ayuda de un metro, se mide y se marca un espacio de 6 cm en la espuma, que será el hueco que coincida con el tubo de bajada y se corta con la ayuda de un cúter.

Una vez pegados los dos trozos de espuma al plástico se debe ajustar el collar al tronco, empezando por ajustar meticulosamente al tubo de bajada y después se aprieta firmemente hasta que quede bien abrazado el tronco del árbol.

Para eliminar las orugas de la bolsa una vez retirado el dispositivo, se aconseja su quema controlada. El resto de materiales, pueden reemplazarse de un año a otro sin necesidad de ser repuestos.

Una vez finalizado el periodo de descenso de la procesionaria, aproximadamente un mes después de las últimas bajadas, las bolsas y anillos fueron retirados. Deben emplearse las protecciones adecuadas (gafas, ropa protectora, guantes y protecciones de cuello y mucosas) con el fin de evitar reacciones alérgicas. Los anillos retirados fueron incinerados para evitar afecciones o dispersión de la especie.



Figura 12. Colocación de anillos perimetrales en tronco. OpenNatur, 2018

No obstante, tras el seguimiento efectuado durante el tiempo que estuvieron colocadas las trampas, se comprobó, que este método exige un control difícil de llevar a cabo en una ciudad, puesto que las bolsas se rompen con facilidad y se saturan, impidiendo la recogida de todas las orugas que descienden del árbol.

3.4. Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos recolectados se empleó el programa estadístico SPSS 15.0 para Windows mediante el cual se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) del número de bolsones eliminado. Este análisis se aplicó de manera independiente a los datos de eliminación de bolsones de los años 2017 y 2018, con el fin de comprobar si existían diferencias significativas en los distintos distritos de la ciudad. Para ello se empleó el Test de Kolmogorov – Smirnov (K – S de 1 muestra) para verificar la normalidad de la distribución y para comparar la homogeneidad de varianzas el Parámetro de Levene. Finalmente al no cumplirse la homogeneidad de varianzas en ninguno de los años, fue necesario aplicar la prueba de Kruskal – Wallis para calcular la ANOVA.

Y para verificar si existían diferencias significativas entre el número de bolsones eliminado en el año 2018, tras la aplicación de los distintos tratamientos, y el año anterior al estudio, año 2017, se realizó la prueba t de student para comparación de medias.

4. RESULTADOS Y DICUSIÓN

Eliminación de bolsones año previo al estudio

Durante el año previo al inicio del contrato entre el Ayuntamiento de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza para manejo de la plaga la procesionaria del pino objeto del presente estudio, entre los meses de enero y abril (23 de enero al 30 de abril), desde el Ayuntamiento de la ciudad se realizaron acciones para eliminación de la plaga centradas en la corta y eliminación de bolsones.

En la figura 13, se muestran resumidos los resultados de todas las intervenciones llevadas a cabo, diferenciadas según distritos. La mayoría de estas intervenciones respondieron a avisos de vecinos o intervenciones directas del Servicio de Parques y Jardines en base a avistamientos.

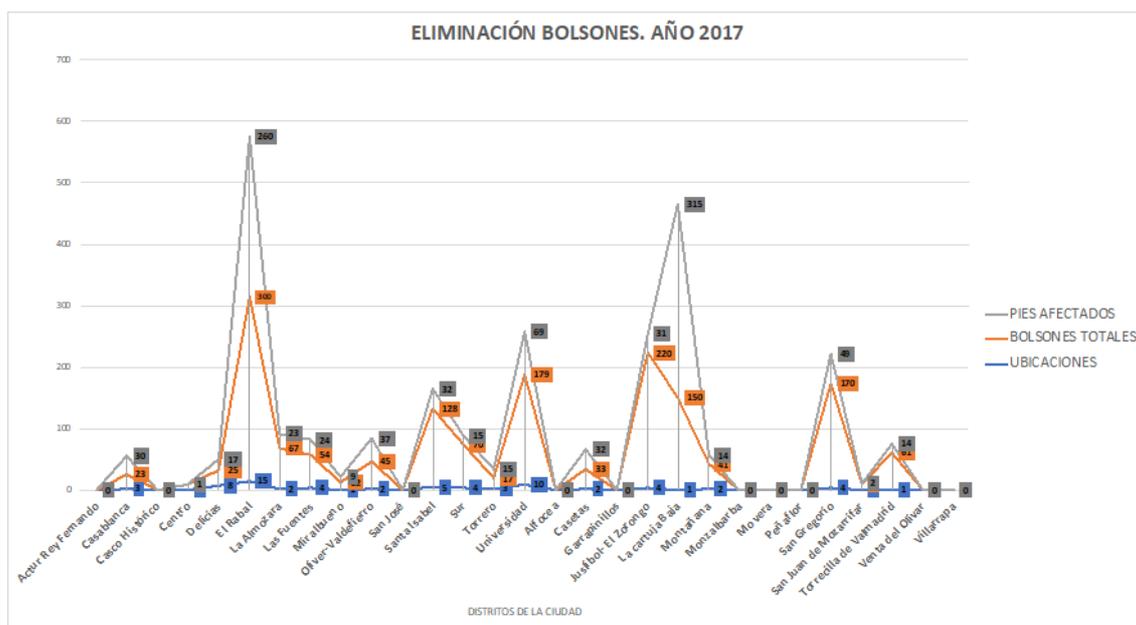


Figura 13. Representación del número de pies y bolsones afectados por *T.pityocampa* en la campaña de eliminación del año 2017.

Incidencia de la plaga en función de los datos de eliminación de bolsones (año 2017).

Con el fin de situar, y hacernos una idea previa de la distribución y abundancia relativa de la plaga, elaboramos la figura 14 (incidencia de *T.pityocampa* en la ciudad

de Zaragoza, por distritos) en base a los datos obtenidos en la campaña de eliminación de bolsones llevada a cabo el año previo a la realización de nuestro estudio (año 2017).

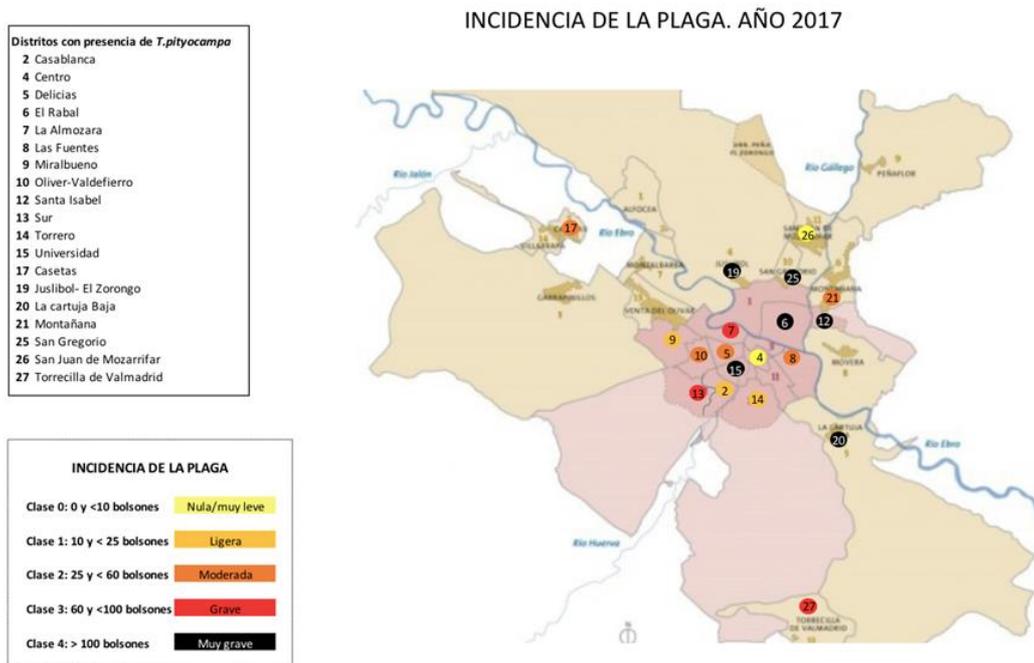


Figura 14. Incidencia de *T.pityocampa* en la ciudad de Zaragoza por distritos. Año previo al estudio (2017).

Según los datos recogidos por el Ayuntamiento de Zaragoza a largo de la campaña 2017, se eliminaron un total de 23 bolsones en el distrito de Casablanca, 8 bolsones en el distrito Centro, 25 bolsones en Delicias, 300 bolsones en el Rabal, 67 bolsones en La Almozara, 54 bolsones en las Fuentes, 12 bolsones en Miralbueno, 45 bolsones en Oliver- Valdefierro, 128 bolsones en Santa Isabel, 70 bolsones en distrito Sur, 17 bolsones en Torrero, 179 bolsones en Universidad, 33 bolsones en el barrio rural de casetas, 220 bolsones en Juslibol – El Zorongo, 150 bolsones en La Cartuja Baja, 41 bolsones en Montañana, 17 bolsones en San Gregorio, 9 bolsones en San Juan de Mozarrifar y 61bolsones en Torrecilla de Valmadrid. Por el contrario, no se detectaron y por tanto no se eliminaron bolsones en los siguientes distritos: Actur – Rey Fernando, Casco Histórico, San José, Alfocea, Garrapinillos, Monzalbarba, Movera, Peñafior, Venta del Olivar ni Villarrapa.

Para determinar el grado de infestación de cada distrito se ha tomado como base la escala definida por el ICP – Forests y la Unión Europea (Ministerio de

Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, Área de Inventarios y Estadísticas Forestales, 2016), estableciendo una escala propia que agrupa la abundancia de la plaga en cinco conjuntos:

- Clase 0 (abundancia leve: entre 0 y menos de 10 bolsones)
- Clase 1 (abundancia ligera: entre 10 y menos de 25 bolsones)
- Clase 2 (abundancia moderada: entre 25 y menos de 60 bolsones)
- Clase 3 (abundancia grave: entre 60 y menos de 100 bolsones)
- Clase 4 (abundancia muy grave: más de 100 bolsones)

Los resultados de eliminación de bolsones marcan un nivel inicial de la plaga que podría considerarse de moderado a grave en la zona Suroeste de la ciudad, coincidiendo con la margen derecha del río Ebro. Aquí el máximo de bolsones se da en los distritos Universidad y La Cartuja Baja, ambos con un grado de incidencia catalogado de muy grave. Con un grado de incidencia grave se encuentran los distritos Almozara, Sur y Torrecilla de Rebollar, aunque este último está más aislado del resto. En esta margen estarían también los distritos Oliver – Valdefierro, Delicias y Las Fuentes que presentan un grado de incidencia de la plaga moderada, Miralbueno, Torrero y Casablanca con una incidencia ligera y distrito centro con una incidencia leve.

Se observa también que la incidencia de la plaga va incrementando conforme nos desplazamos a la Zona Noreste de la ciudad, margen izquierda, dónde la presencia de *T.pityocampa* alcanza un nivel de presencia que podría considerarse como muy grave. Aquí la mayoría de los distritos, véase El Rabal, Santa Isabel, Juslibol – El Zorongo y San Gregorio presentan un grado de incidencia de la plaga catalogado como muy grave (más de 100 bolsones), salvo Montañana, con una incidencia moderada de la plaga, y San Juan de Mozarrifar, con una incidencia leve.

Esta situación podría estar influenciada por tres factores: situación geográfica, densidad de la masa vegetal hospedadora (recordar que la plaga presenta preferencia por las especies *Pinus nigra* Mill.; *Pinus sylvestris* L.; y *Pinus canariensis* Sweet, ex

Spreng. todas ellas presentes en la ciudad, aunque esta última prácticamente de modo no significativo) y, dirección de los vientos dominantes que siguiendo la clasificación de Hernández (1986) en su trabajo “*Frecuencia e intensidad del Viento en Zaragoza*” serían trayectoria Noroeste – Sureste conocida popularmente como *cierzo*, o al contrario Sureste – Noroeste denominada *bochorno*.

Los datos anteriores, relativos al número de bolsones eliminados en los distintos distritos, se sometieron a un análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

El Test K-S para 1 muestra dio como resultado una significación de $0.000^* < 0.05$. Es decir, no se cumple el principio de normalidad (tabla 2).

Tabla 2. Resultados prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre la muestra bolsones eliminados en el (Año 2017).

		N BOLSONES
N		73
Parámetros normales ^{a,b}	Media	22,08
	Desv. Desviación	28,465
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,241
	Positivo	,241
	Negativo	-,229
Estadístico de prueba		,241
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Al analizar el parámetro de Levene (tabla 3) se obtuvo un valor de $p < 0.05$ ($p=0.030$) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales. Por tanto, no se cumple el supuesto de homocedasticidad, con lo cual se procedió a usar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparación de varianzas no homogéneas.

Tabla 3. Resultados prueba homogeneidad de varianzas para la muestra bolsones eliminados (Año 2017).

NBOLSONES

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,090(a)	13	54	,030

a Los grupos con un único caso se ignorarán al calcular la prueba de homogeneidad de la varianza para NBOLSONES.

Nuestro objetivo era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de bolsones de nuestros distritos) son iguales (H0), para ello partimos de las siguientes hipótesis.

- H0: La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de bolsones eliminados entre los distintos distritos de la ciudad.
- H1: Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre los distintos distritos en cuanto a número de bolsones eliminados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (tabla 4) un valor de significancia $p=0.052$, es decir $p>0.05$. Por tanto aceptamos la hipótesis nula, y podemos afirmar que en el año 2017 no existen diferencias significativas en cuanto a número de bolsones eliminados entre los distintos distritos que conforman la ciudad de Zaragoza.

Tabla 4. Resultado de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la muestra nº bolsones eliminados (año 2017).

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de AÑ18 es la misma entre las categorías de DISTRITO.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,052	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Igual que en el año 2017, en el año 2018 se realizaron labores de corta y eliminación de bolsones obteniéndose los siguientes resultados: En el distrito Actur – Rey Fernando se eliminaron un total de 4 bolsones (incidencia leve), en Casablanca se eliminaron 45 bolsones (incidencia moderada), 8 bolsones en distrito Centro

(incidencia leve), 491 bolsones en Las Delicias (incidencia muy grave), 359 bolsones en El Rabal (incidencia muy grave), 15 bolsones en La Almozara (incidencia ligera), 12 bolsones en Las Fuentes (incidencia ligera), 43 bolsones en Miralbueno (incidencia moderada), 24 bolsones en Oliver – Valdefierro (incidencia ligera), 70 bolsones en San José (incidencia grave), 16 bolsones en Santa Isabel (incidencia ligera), 134 bolsones en Distrito Sur (incidencia muy grave), 243 bolsones en Torrero (incidencia muy grave), 78 bolsones en el distrito Universidad (incidencia grave), 582 bolsones en Alfocea (incidencia grave), 14 bolsones en Garrapinillos (incidencia ligera), 8 bolsones en Juslibol – El Zorongo (incidencia leve), 432 bolsones en Montañana (incidencia muy grave), 74 bolsones en San Gregorio (incidencia grave), 60 bolsones en San Juan de Mozarrifar (incidencia grave) y 58 bolsones en Villarrapa (incidencia ligera).

Igual que se hizo para el año 2017, estos datos también fueron sometidos a un análisis estadístico de varianza (ANOVA), obteniendo los siguientes resultados:

El Test K-S para 1 muestra dio como resultado una significación de $0.000^* < 0.05$. Es decir, no se cumple el principio de normalidad (tabla 5).

Tabla 5. Resultados prueba de Kolmogorov-Smirnov sobre la muestra bolsones eliminados en el (Año 2018).

		N bolsones
N		85
Parámetros normales ^{a,b}	Media	33,28
	Desv. Desviación	47,821
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,250
	Positivo	,245
	Negativo	-,250
Estadístico de prueba		,250
Sig. asintótica(bilateral)		,000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Al analizar el parámetro de Levene (tabla 6) se obtuvo un valor de $p < 0.05$ ($p=0.002$) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales. Por tanto, no se cumple el supuesto de homocedasticidad, con lo cual se procedió a usar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparación de varianzas no homogéneas (tabla 7).

Tabla 6. Resultados prueba homogeneidad de varianzas para la muestra bolsones eliminados (Año 2018).

N bolsones			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,768(a)	15	64	,002

a Los grupos con un único caso se ignorarán al calcular la prueba de homogeneidad de la varianza para N bolsones.

Nuestro objetivo, al igual que para el año 2017, era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de bolsones de nuestros distritos) son iguales (H0), para ellos partimos de las siguientes hipótesis.

- H0: La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de bolsones eliminados entre los distintos distritos de la ciudad.
- H1: Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre los distintos distritos en cuanto a número de bolsones eliminados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (tabla 7) un valor de significancia $p=0.003$, es decir $p<0.05$. Por tanto rechazamos la hipótesis nula en el contraste general, y aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, podemos afirmar que en el año 2018 existen diferencias significativas en cuanto a número de bolsones eliminados entre los distintos distritos que conforman la ciudad de Zaragoza (figura 15).

Tabla 7. Resultado de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la muestra nº bolsones eliminados (año 2017).

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de N bolsones es la misma entre las categorías de Distrito.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,003	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Si comparamos los datos del año 2017 con los datos de eliminación de bolsones del año de nuestro estudio una vez aplicados los distintos tratamientos salvo la colocación de trampas collar en los troncos, que se realizó posteriormente ya que se entiende que su función es capturar aquellos individuos que hayan podido sobrevivir a la eliminación de bolsones, la situación cambia significativamente (figura 17).

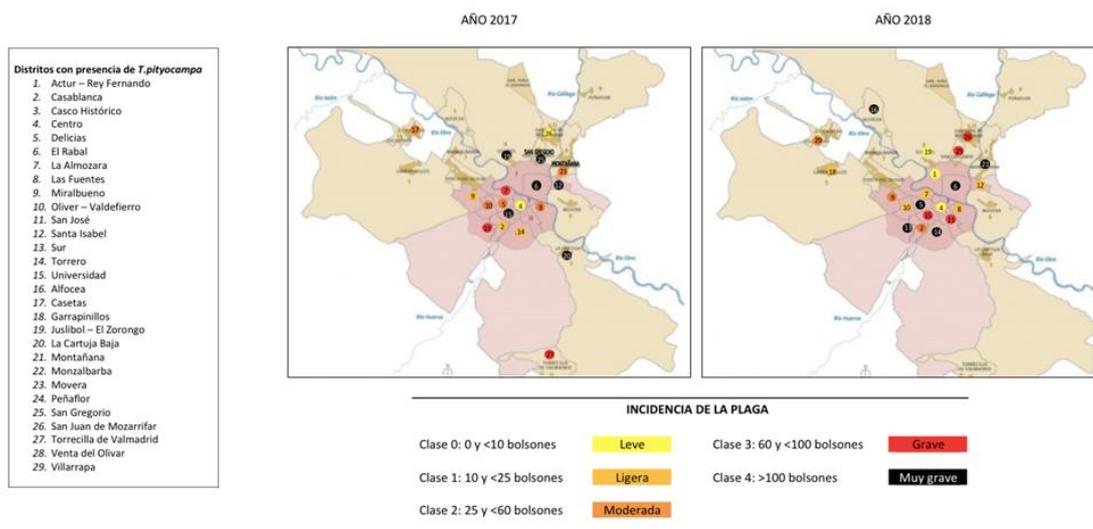


Figura 17. Evolución de la *T.pityocampa* tras la aplicación de los distintos métodos de manejo de la plaga. Año 2017 vs Año 2018.

En el año 2017 teníamos tres focos preocupantes, con un grado de incidencia de la plaga que alcanzaba la categoría de muy grave: margen izquierda del Río Ebro, Zona Universidad y La Cartuja Baja.

Si comprobamos estos datos con la herramienta *Google earth* verificamos que en gran medida estos focos se corresponden con zonas dónde la densidad vegetal es mayor (mayor presencia de parques y arboledas urbanas/periurbanas). No debemos olvidar que *T.pityocampa* es un lepidóptero que hiberna durante el invierno en forma de crisálida (Montoya et al., 2002), y por tanto necesita de tierra para poder completar su ciclo y poder enterrarse para pupar. Esta podría ser también la razón por la que zonas como el centro o el casco histórico presentan un grado de incidencia de la procesionaria muy leve, ya que las únicas zonas de las que disponen las larvas en su quinto estadio (L5) para enterrarse son los pequeños alcorques de los árboles.

Para el año 2018, la distribución de la plaga se ve modificada:

- El foco de la margen izquierda aunque aparentemente ha disminuido en gravedad parece haberse dispersado en superficie. Esta dispersión podría estar influenciada por los vientos dominantes cierzo (Noroeste-Sureste) y bochorno (Sureste-Noroeste).
- Lo mismo ocurre con el foco de Casetas, que podría haberse desplazado a Villarrapa y Garrapinillos y con el de la zona Universidad.
- Por otro lado, se han eliminado los focos de Cartuja Baja, anteriormente con un grado de incidencia muy grave, y Torrecilla de Valmadrid con un grado de incidencia clasificado como grave.

Se realizó la prueba t de student para muestras relacionadas, para comparar los resultados de eliminación de bolsones de los años 2017 y 2018, con el fin de verificar si realmente existen diferencias significativas en el número de bolsones eliminado en ambos años, y así conocer los posibles efectos de los distintos métodos de control aplicados a lo largo de nuestro estudio.

Se eligió esta prueba al tratarse de un mismo grupo analizado en dos momentos distintos (antes y después de la aplicación de los tratamientos para el control de la procesionaria), partiendo de las siguientes hipótesis:

- H0: Hipótesis nula, no se ha producido incremento o disminución del número de bolsones;
- H1: Hipótesis alterna, se ha producido un incremento o disminución del número de bolsones.

Si Comparamos el nº medio de bolsones eliminado en el año 2017 ($M_{2017}=55,59$) y el dato del año 2018 ($M_{2018}=95,52$) observamos diferencias, por tanto a priori se ha incrementado el número medio de bolsones eliminado en el año 2018 frente al 2017.

No obstante, a pesar de dicho aumento, tras aplicar la prueba estadística t de student (tabla 8), podemos afirmar que el número de bolsones eliminado en el año 2017 ($M_{2017}=55.59$, $SE=14.52$), previamente a la aplicación de los distintos métodos

de control que abarca nuestro estudio, no ha sufrido un incremento significativo después de los mismos en el año 2018 ($M_{2018}=95.52$, $SE=30.19$, $t(28)=-1.24$, $p=0.225>0.05$, $r=0.28$).

Tabla 8. Resultados de la prueba t de student para muestras relacionadas para comparar los resultados de eliminación de bolsones de los años 2017 y 2018

Par 1	A17 - A18	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
		-39,931	173,496	32,217	-105,925	26,063	-1,239	28	,225

Colocación de trampas de feromona

En total se colocaron 194 trampas. De las cuales, por cuestiones de disponibilidad de medios y considerando que era un muestreo adecuado para el conocimiento del comportamiento de la plaga, que era por otra parte uno de los objetivos de este trabajo, únicamente se revisaron 33 en la posterior fase de captura de machos (Figura 18).

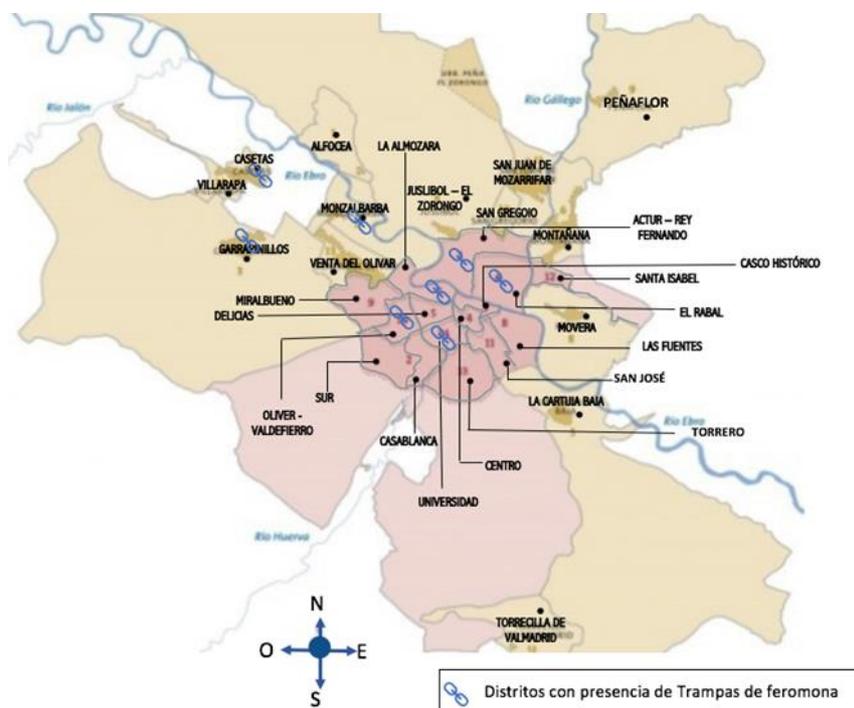


Figura 18. Distribución de las trampas de monitoreo en los distintos distritos de la ciudad de Zaragoza.

Como ya se ha explicado en el capítulo material y métodos, la distribución de las trampas de feromona se realizó en base a los resultados obtenidos el año anterior sobre el dato “bolsones eliminados”, y tratando de cubrir la mayor superficie posible.

Las 33 trampas para monitoreo de la plaga se distribuyeron de la siguiente manera: 11 trampas en el distrito Rabal, 2 trampas en Actur – Rey Fernando, 3 trampas en La Almozara, 4 trampas en el distrito Universidad, 5 trampas en Oliver – Valdefierro, 4 en el barrio rural de Garrapinillos, 2 trampas en Casetas y 2 en Monzalbarba.

Captura de machos y curva de vuelo de adultos

En las tablas 9 y 10 se muestra el número de individuos macho de procesionaria capturados en cada una de las trampas de monitoreo distribuidas en la ciudad, para las dos rutas de muestreo trazadas. En el anexo II, se puede observar en detalle la ubicación trampas de monitoreo.

Tabla 9. Capturas de Individuos de *T.pityocampa* registradas en la Ruta 1.

Ruta 1				
nº trampa	Localización	Ejemplares capturados 3/08/2017	Ejemplares capturados 17/08/2017	Ejemplares capturados 31/08/2017
1	Avenida Pirineos	79	17	0
2	Avenida Pirineos 2	9	8	0
3	Calle Zalmedina nº 1	12	3	0
4	Calle Palencia	26	12	0
5	Rotonda Gran casa	34	17	0
6	Escuela Pirineos	60	65	0
7	Monte Perdido	68	71	15
8	Somport	88	183	58
9	Guardería Zalfonada	171	194	36
10	Pinos de carretera-Parque infantil (colegio zalfonada)	172	3	5
11	Pinos de carreteras- Parque infantil (colegio zalfonada) 2	33	8	0
12	Alcalde Caballero-San Juan de la Peña	NO	29	48
13	Alcalde Caballero-San Juan de la Peña 2	196	154	55
14	Rotonda de la ciudadanía	161	105	19
15	Aljafería	139	77	15
16	Aljafería 2	22	44	13
TOTAL		1270	990	264
C/T/S		79,38	61,88	16,50

Tabla 10. Capturas de individuos de *T.pityocampa* registrados en la Ruta 2.

Ruta 2				
nº trampa	Localización	Ejemplares capturados 10/08/2017	Ejemplares capturados 24/08/2017	Ejemplares capturados 07/09/2017
17	Interfacultades	60	140	15
18	F. Ciencias	75	86	6
19	Pedro Cerbuna	54	46	3
20	Violante Hungría	82	57	2
21	Andrómeda (Valdefierro)	100	25	5
22	Torreparajitos (Camino Depósitos)	29	51	4
23	Alto Carabinas	*	70	2
24	Lolita Parra	55	15	
25	Marqués San Felices	60	1	2
26	Colegio Garrapinillos	17	34	2
27	Pza España (Garrapinillos)	98	6	0
28	Ntra Señora del Rosario (Garrapinillos)	34	9	0
29	Cementerio Garrapinillos	437	125	1
30	San Jorge-Cementerio Casetas	94	20	3
31	Canarias (Casetas)	292	32	2
32	Camino Estación (Monzalbarba)	337	55	6
33	Tejero Molina (Monzalbarba)	221	40	8
TOTAL		2045	812	61
C/T/S		120,294	47,76	3,59

Las revisiones se iniciaron en la semana 31 (la primera revisión se realizó el día 3 de agosto) y cesaron en la semana 36 (la última lectura se realizó el día 7 de septiembre). En la última semana dejaron de observarse adultos vivos, lo que indica que el periodo de vuelo de los adultos de *T.pityocampa* está prácticamente finalizado. Por este motivo se decidió no realizar más conteos, ya que suponía un tiempo y recursos que nos eran escasos.

Atendiendo al número total de capturas por semana, en la semana 31 (del 31 de julio al 6 de agosto) fueron registradas las primeras capturas, se registró un total de 1270 individuos capturados. En la segunda semana de muestreo, semana 32 (del 7 al 13 de agosto) el número de capturas registrado fue notablemente superior, 2045 ejemplares capturados, prácticamente se duplica la cifra, y se registra el número máximo de capturas. A partir de esta semana el número de capturas registrado semanalmente comienza a descender.

En la Ruta 1, el mayor número de individuos capturados se registró en una de las trampas ubicadas en San Juan de la Peña-Alcalde Caballero, 196 capturas el 3 de agosto, siendo de hecho una de las trampas que mayores valores de capturas registro semanalmente. Posiblemente fuera debido a la situación geográfica de la trampa, a las afueras casi del casco urbano, orientación N y abierta a la posibilidad de que produjera

atracción de machos situados en los alrededores de la ciudad. Este hecho también podría haberse visto propiciado por el hecho de que durante esos días el viento predominantemente fuese del NO (cierzo). En oposición a este dato, en la última semana de muestreo no se registraron capturas en 7 de las 16 trampas, siendo estas las que presentaron valores más bajos durante todo el periodo de muestreo. En la Ruta 2, el mayor número de ejemplares capturados sucedió en el cementerio del barrio rural de Garrapinillos el día 10 de agosto con un total de 437 capturas. De manera similar a la Ruta 1, en la última semana de muestreo el número de individuos registrado en 16 de las 17 trampas muestreadas no alcanzó la decena, y en dos de ellas no se capturó ningún ejemplar de procesionaria (ambos en el barrio de Garrapinillos).

Con el fin establecer la curva de vuelo de la procesionaria, lo que nos permite conocer en profundidad su periodo de vuelo y así poder identificar cual es el momento más adecuado para la aplicación de los distintos tratamientos para su manejo, se han agrupado los datos de ambas rutas en la tabla 11.

Tabla 11. Número total de capturas registrado semanalmente

	1º semana agosto	2º semana agosto	3º semana agosto	4º semana agosto	1º semana septiembre	2º semana septiembre
TOTAL CAPTURAS	1270	2045	990	812	264	61
C/T/S	79,38	120,29	61,88	47,76	16,50	3,59

En la segunda semana de agosto el número de ejemplares capturados por trampa y semana se duplicó respecto a las capturas de la primera semana 120 ejemplares frente a 79,38. En la tercera semana, el número de individuos capturados comienza a descender prácticamente en la misma proporción en la que se duplicó la semana anterior (el número de capturas descendiendo a 61,88 C/T/S). En la cuarta semana de agosto, el número de capturas continuó decreciendo pero el descenso de la curva de vuelo se frenó parcialmente, para volver a descender bruscamente en las dos primeras semanas de septiembre hasta alcanzar el final del vuelo.

A continuación, en la figura 19, quedaría representado el periodo de vuelo para el año objeto de estudio en la ciudad de Zaragoza.



Figura 19. Representación del periodo de vuelo de adultos de procesionaria en Zaragoza para el año 2017.

Se capturaron un total de 5.405 ejemplares macho de mariposa de *T.pityocampa*. El periodo de vuelo se extendió de finales de julio a mediados de septiembre y alcanzó su punto máximo a mediados de agosto, en la semana 32, donde se registraron 2045 capturas. Tuvo una duración de aproximadamente 40-50 días. Si comparamos estos datos con el ciclo biológico de la procesionaria en Aragón (figura 20) el cual marca el inicio del vuelo en el mes de junio, y el final en la primera quincena de septiembre (Montoya et al., 2002), se observa que, para la ciudad de Zaragoza en nuestro año de estudio, coincide dentro de lo representado aunque el ciclo se ve acortado, y presenta un inicio más tardío. Esto puede tener relación con que los adultos inician más tarde el vuelo en las zonas más cálidas (Montoya et al., 2002).

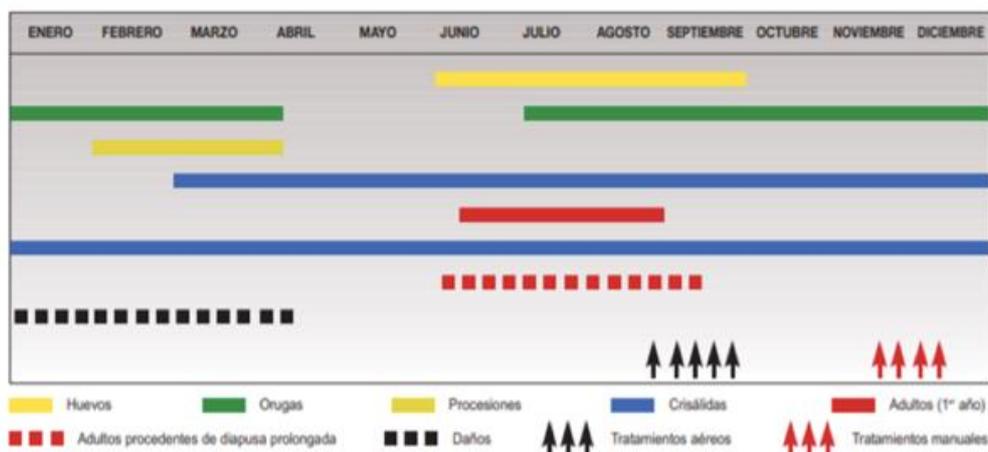


Figura 20. Ciclo biológico de la procesionaria en Aragón. Montoya et al., 2002.

Dada la duración del periodo de vuelo de *T.pityocampa*, no fue necesario realizar el cambio de feromona de las trampas indicado por el fabricante (este

recomienda realizarlo en un plazo inferior a dos meses con el fin de asegurar su eficacia dadas las condiciones meteorológicas predominantes en la zona, fuertes vientos y elevadas temperaturas).

La tabla 12 representa las temperaturas y precipitaciones medias mensuales recogidas por la AEMET a lo largo del año 2017, y su comparación respecto a lo estándar para nuestra zona de estudio en esas mismas fechas.

Tabla 12. Temperaturas y Precipitaciones medias registradas en la ciudad de Zaragoza a lo largo del año 2017 comparándolas con los datos recogidos en el periodo 1981-2010 (AEMET, 2020).

		2017												
TEMPERATURAS	TM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
		Variación respecto TM normal	6,5°C	10°C	13,6°C	15,5°C	20,8°C	25,7°C	26,2°C	25,8°C	20,2°C	18,6°C	10,5°C	7°C
PRECIPITACIONES	PM	-0,1	1,8	2	1,7	2,8	3,1	0,9	0,8	-1	2,4	-0,1	0	1,2
	Variación respecto PM normal	18,4 mm	26,4 mm	41,4 mm	3,6 mm	16,2 mm	100,1 mm	22,2 mm	18,8 mm	12,6 mm	4,2 mm	1 mm	7,8 mm	272,7 mm
		-2,6	4,9	22,3	-35,7	-27,5	73,7	4,9	2,2	-16,9	-32,2	-28,8	-13,6	-49,3

Se observa que en los meses anteriores al inicio de vuelo las temperaturas registradas son notablemente superiores a lo normal, y que el final del periodo de vuelo coincide con un mes notablemente más frío que lo considerado habitual para la ciudad de Zaragoza. En cuanto a las precipitaciones, éstas se sitúan dentro de los valores normales para las fechas en las que se produce el vuelo.

Incubación y eclosión

La figura 21 representa el periodo de incubación esperado en función de las temperaturas registradas (Demolin, 1969).

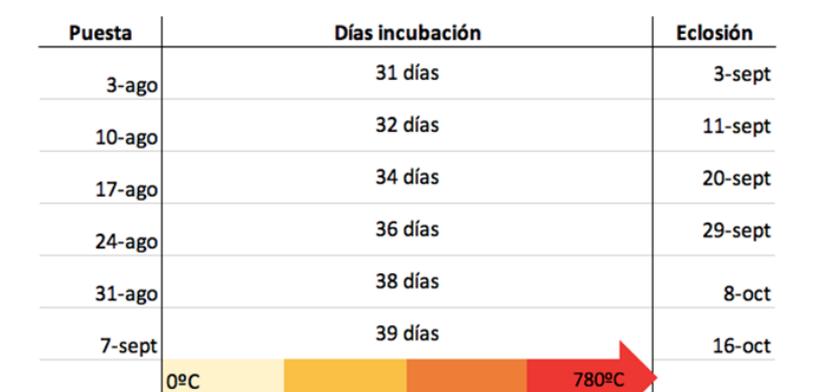


Figura 21. Periodo de incubación esperado en función de las capturas registradas basado en las hipótesis de Demolin (1969)

La eclosión de L1 para las puestas monitorizadas el día 3 de agosto se inició alrededor del 3 de septiembre, y tuvo un periodo de incubación de 31 días. Con el transcurso de los días, se observa que el periodo de incubación se hace más amplio, esto es debido al descenso de las temperaturas, lo que hace necesario que transcurra un mayor lapso de tiempo hasta alcanzar un acumulado térmico de 780°C (Demolin, 1969).

Debe tenerse en cuenta que se desconoce el día y momento exacto en el que se produce la puesta, ya que el dato de referencia es la fecha en la cual se realiza la lectura de las trampas de captura, que no necesariamente tiene que coincidir con la fecha de la puesta puesto que estas se revisaron quincenalmente.

La figura 22 representa la fase de eclosión de L1 (larvas de procesionaria recién nacidas, de primer estadio).

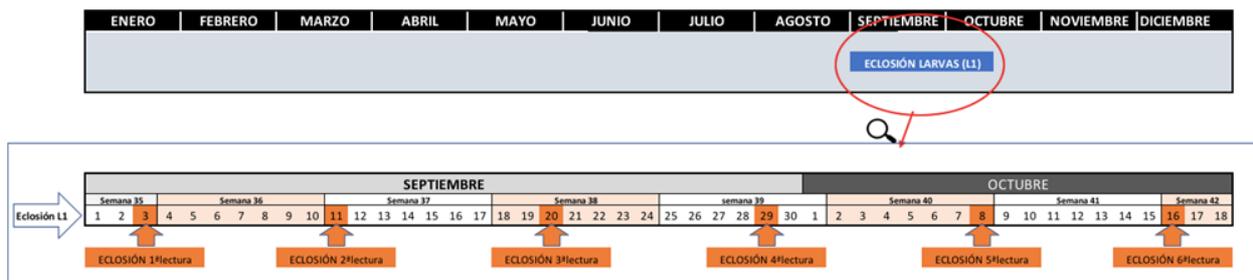


Figura 22. Representación del periodo de eclosión esperado para L1 en función de la puesta.

Las primeras eclosiones se producen en la semana 35 y se prolongan hasta la semana 42, es decir, durante 7 semanas se van a estar produciendo nacimientos de nuevos individuos de *T.pityocampa*, localizándose su pico en la semana 37.

A pesar de conocer el número de machos capturados, se desconoce el número exacto de individuos eclosionados. Debe tenerse en cuenta los siguientes datos, en cada puesta se depositan entre 48 y 336 huevos (Montoya et al., 2002), la cópula y la puesta ocurren generalmente la misma noche que emergen los imagos, pero no necesariamente con una sola hembra. Otro factor a tener en cuenta es que no han sido capturados el 100% de los machos.

Además de esto, debe considerarse el factor temperatura. Es bien conocido el factor limitante de la temperatura sobre la plaga (Demolin, 1969), temperaturas elevadas durante el verano pueden dar lugar a la muerte de una cantidad significativa de huevos o larvas jóvenes, condicionando por tanto la supervivencia de la población. Del mismo modo, corrientes de viento severas pueden ser también limitantes de la supervivencia.

Ciclo biológico esperado

En base a la curva de vuelo obtenida y el periodo de eclosión estimado, se obtuvo la predicción del ciclo biológico de la procesionaria durante el año 2018, para la ciudad de Zaragoza, que se muestra en la figura 23.

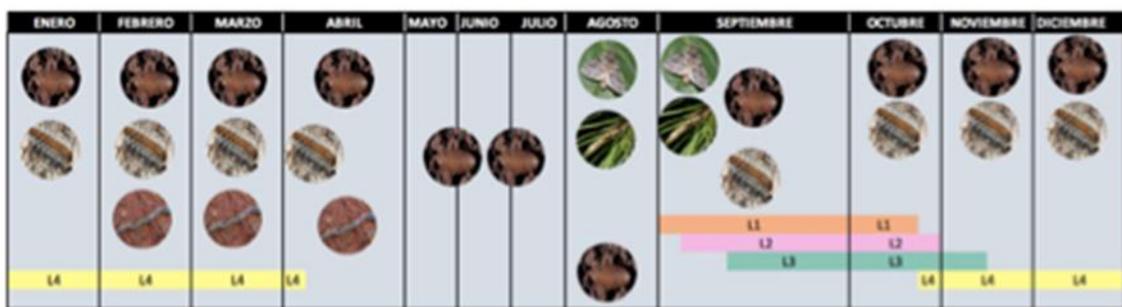


Figura 23. Ciclo biológico esperado para la procesionaria en nuestro año de estudio, en función del periodo estimado de eclosión.

En base a los cálculos realizados, conociendo el periodo de vuelo y el nacimiento estimado de L1, se podría esperar la presencia de larvas en su segundo estadio a partir de la primera quincena de septiembre y hasta finales – principios de octubre. La muda de los primeros individuos a L3 se espera a partir de la segunda quincena de septiembre. Por tanto a partir de este momento la presencia de la plaga constituye un peligro en zonas recreativas, ya que es cuando comienzan a aparecer los pelos urticantes. La duración de cada uno de los siguientes estadios es difícil de estimar, ya que está íntimamente relacionada con las temperaturas. Las primeras procesiones se estimaron para principios de marzo, y una duración hasta inicios del mes de abril.

El inicio del descenso de las larvas para comenzar su enterramiento se detectó en la semana 7 (12-18 de febrero), tras la colocación de las trampas barrera en los troncos. Por lo tanto el ciclo larvario se completó en 25 semanas. En un estudio realizado por Mirchev et al., (2016) se demostró que la estructura de los estadios larvarios, su adaptabilidad y supervivencia están relacionadas con las condiciones climáticas durante el invierno, puesto que la supervivencia de las orugas en este periodo depende de la temperatura del aire, esta no debe ser inferior a los -16°C (Demolin, 1969). Es esta misma línea Battisti et al. (2005) establecían temperaturas diarias superiores a los 9°C y nocturnas por encima de los 0°.

En relación a esto y apoyándonos en la tabla 13, podría suponerse un acompañamiento favorable de las temperaturas en el desarrollo larvario a lo largo del invierno.

Tabla 13. Temperaturas medias registradas en el periodo invernal (2017-2018) en la ciudad de Zaragoza (AEMET, 2020).

	AÑO 2017				AÑO 2018		
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
TM_maxima	25.9 °C	24.4 °C	15.6 °C	11.5 °C	13.2 °C	10.9 °C	15.5 °C
TM	20.2 °C	18.6 °C	10.5 °C	7.0 °C	8.7 °C	6.8 °C	10.7 °C
TM_mínima	14.3 °C	12.7 °C	5.4 °C	2.6 °C	4.1 °C	2.6 °C	5.8 °C

Aplicación de *Bacillus thuringiensis*

Se optó por la elección de *Bacillus thuringiensis* dado su espectro de toxicidad específico, siendo nocivo para otros insectos, plantas, animales y los humanos. Esta bacteria provoca cambios patológicos en el epitelio del intestino medio de los insectos, llevándolos hasta la muerte larval.

El objetivo del tratamiento con *B. thuringiensis* fue impedir que las larvas sobrevivan y alcancen el tercer y cuarto estadio (L3 y L4 respectivamente), que es cuando se producen los efectos negativos más importantes sobre la salud (urticarias y reacciones alérgicas) los árboles (defoliación) (Uzunhisarckli et al, 2014).

Por tanto, la aplicación del preparado con *B. thuringiensis* debía realizarse en las primeras fases larvarias (Figura 24).



Figura 24. Periodo aplicación tratamiento con *B.thuringiensis* en relación al estadio larvario de la procesionaria

De acuerdo al ciclo biológico establecido para el año de estudio (figura 23), el tratamiento con *B.thuringiensis* comenzó a aplicarse cuando *T.pityocampa* aún se encontraba en L1, y finalizó de aplicarse cuando las larvas se encontraban la mayoría de larvas se encontraban en L3 – L4.

Dada la disponibilidad de medios materiales y humanos, y la línea de este trabajo, no se dispone de datos empíricos que cuantifiquen de forma directa el número de muertes producidas a causa del tratamiento con *B.thuringiensis*, y por tanto la efectividad del mismo.

Basándonos en estudios realizados por distintos autores, se ha demostrado una tasa de mortalidad entre el 71-100% (Cebeci et al, 2010). Así algunos autores han demostrado que, empleando una concentración de 10000 UI/mg de *B.thuringiensis* var. *Kurstaki* la muerte larvaria por su ingesta se produce de forma temprana, observándose su efecto excesivo transcurridas 24h tras la aplicación del tratamiento (Uzunhisarckli et al., 2014).

Endoterapia

La aplicación de endoterapia como método preventivo previo a la aparición de la plaga, es una técnica probada y demostrada con la cual se consiguen buenos resultados para prevenir la proliferación de bolsones, indicada para aquellos lugares con un fuerte uso social en los que debe asegurarse la efectividad en el control de la plaga(colegios, patios interiores, plazas, etc.) (Riba, 2009).

Situación de la plaga tras aplicar los distintos métodos de tratamiento

En la campaña posterior a la realización de este estudio, enmarcado bajo el mismo convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza, la alumna del grado en Ciencias Ambientales Marina Higuera Herrero realizó un estudio sobre el *“Uso de cajas refugio de murciélagos como nueva estrategia de control de la procesionaria del pino en Zaragoza”*. Entre las acciones que conforman el estudio, se realizó el seguimiento y control de diferentes trampas de muestreo para captura de machos adultos distribuidas en la ciudad. Los datos recogidos en la figura 25 nos permitieron comparar los resultados obtenidos con los de nuestro trabajo, es decir, antes y después de la aplicación de los distintos métodos para el manejo de la procesionaria aplicados en este trabajo.

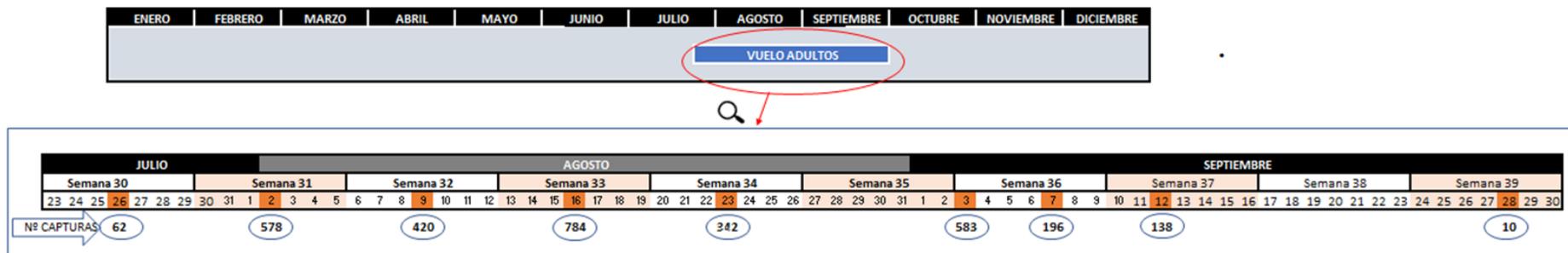


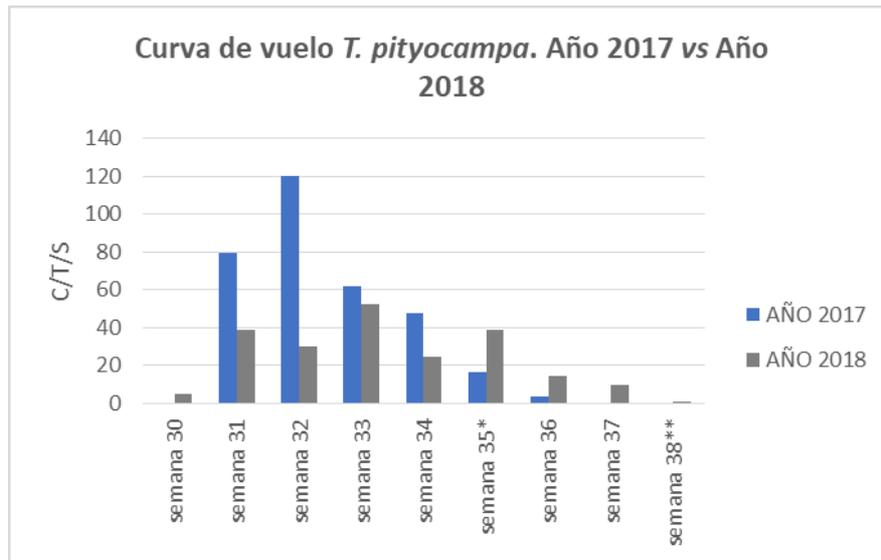
Figura 25. Periodo de vuelo de *T. pityocampa* para el año 2018 y ejemplares capturados en cada una de las revisiones efectuadas de las trampas de monitoreo.

Si se compara el total de capturas en ambos años, es destacable la diferencia de capturas producida, tenemos un dato de 5442 ejemplares capturados durante el vuelo del año 2017 frente a las 3113 capturas registradas durante el periodo de vuelo del año 2018. Esto indica una reducción del número de capturas del 43% frente al año anterior.

En el año 2017 el pico de vuelo es decir el mayor número de capturas registrado (2045 ejemplares) tuvo lugar en la segunda semana de agosto (figura 19). En el año 2018 el pico de capturas se registró una semana más tarde, la tercera semana de agosto (784 capturas). Si comparamos ambos datos, estaríamos hablando de una diferencia de 1261 individuos.

En cuanto a la duración del periodo de vuelo, en el año 2017 se inició la primera semana de agosto y se prolongó hasta la 2ª semana de septiembre, con una duración total de unos 42 días (6 meses). En el año 2018, el periodo de vuelo fue más largo, las primeras capturas se registraron en la última semana de julio, y cesaron la cuarta semana de septiembre, es decir, tuvo una duración aproximada de 63 días.

Si comparamos las curvas de vuelo para ambos años (figura 26), en el año 2017 la curva es más pronunciada y constante, con una fuerte crecida y un fuerte descenso que luego se va suavizando como ya se ha comentado anteriormente. Mientras que en el año 2018, la curva es más suave aunque presenta tres picos distintos con sus correspondientes crecidas y descensos de capturas.



** En el año 2018, los datos de la semana 38 se recogieron junto con los de la semana 39 debido a la proximidad del final del vuelo, y se muestran en la casilla semana 38.

* En el año 2018, los datos de la semana 35 se recogieron el primer día de la semana 36, debido a las precipitaciones

Figura 26. Representación de la curva de vuelo de la procesionaria para los años 2017 y 2018.

5. CONCLUSIONES

1. El ciclo biológico de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), observado en dos años consecutivos: eclosión de pupas, larvas, pupación y vuelo de adultos, ha sido el esperado para la ciudad de Zaragoza
2. Este estudio ha conseguido elaborar una visión global del comportamiento de la plaga en la ciudad que nos ha permitido diseñar una adecuada estrategia de control
3. La estrategia de control aplicada ha sido la siguiente: seguimiento de la plaga mediante el uso de trampas g con feromona sexual para captura de machos, aplicación en diferentes fases de desarrollo del insecticida biológico a base de *Bacillus thuringiensis*, endoterapia en lugares estratégicos, eliminación física de bolsones y trampas barrera en los troncos de los pinos de difícil acceso a bolsones
4. Los análisis estadísticos realizados para comparar el número de bolsones en los distintos distritos de la ciudad muestran que no existen diferencias significativas entre distritos en el año previo a nuestro estudio. Tras la aplicación de la estrategia de control se dan diferencias entre 4 de los 29 distritos, pero no puede afirmarse que la causa haya sido esta
5. El análisis estadístico comparativo del número total de bolsones eliminado el año anterior y a nuestro año de estudio, tampoco ha revelado diferencias significativas entre ambos años
6. Puede afirmarse por tanto que plaga presenta un comportamiento errático para las variables consideradas en este estudio, por lo que sería interesante analizar otras posibles causas en estudios futuros

7. Para constatar los efectos reales de los tratamientos de *B.thuringiensis*, habría sido necesario contabilizar el nº de individuos vivos y muertos en cada uno de los bolsones eliminados, así como de individuos capturados por las trampas collar

8. La aplicación de los diferentes métodos de control estudiados de manera independiente no asegura el éxito por sí solos. Deben aplicarse de manera complementaria, ya que cada uno de ellos está destinado a una fase distinta del ciclo

9. En aquellos lugares más vulnerables a la presencia de la plaga (guarderías, colegios, parques, hospitales) dónde el riesgo de causar afecciones a la salud humana y animal es mayor, es preferible emplear otras especies ornamentales que no sean huéspedes de *T.pityocampa*

10. Su potencial peligro para la salud animal y humana, además del daño ambiental ampliamente conocido, convierten a la plaga en un factor importante a considerar por las administraciones locales

6. BIBLIOGRAFÍA

Alemaný, A., Miranda, M.A., Morel, P. (1994). "Primeros resultados del estudio sobre parasitismo en huevos de *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schif.), en Baleares". *Bol. San. Veg. Plagas*, 20, pp. 679-685.

Ayuntamiento de Zaragoza. (2013). *Premio Capital Verde Europea. Candidatura de la M.I.Ciudad de Zaragoza*. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/ZGZVERDEES/ZaragozaGreenCapital2016.pdf> [Consultado: 15 de febrero de 2020]

Ayuntamiento de Zaragoza. (2015). *Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible Integrado de Zaragoza*. Disponible en: <https://zaragozavivienda.es/files/file/EDUSI4.pdf> [Consultado: 10 de enero de 2020]

Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Organización y Servicios Generales, (2019). *Datos demográficos del Padrón Municipal. Cifras de Zaragoza 2019*. Disponible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/estadistica/Cifras-ZGZ-2019.pdf> [Consultado: 8 de enero de 2020]

Bachiller, P. (1981). *Plagas de insectos en las masas forestales españolas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Battisti, A. (1988). "Host-plant relationships and population dynamics of the Pine Processionary Caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermuller)". *Journal of Applied Entomology*, 105, pp. 1-5

Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A. y Larsson, S. (2005). "Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures". *Ecological Applications*, 15(6), pp. 2084-2096.

Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E., y Larsson, S. (2006). "A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly". *Global Change Biology*, 12(4), pp. 662-671. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229719881_A_rapid_altitudinal_range_expansion_in_the_pine_processionary_moth_produced_by_the_2003_climatic_anomaly [Consultado: 15 de julio de 2019]

Catalán, A., Expósito, J., y Rovira, M. (2016). *La problemática de la procesionaria del pi (Thaumetopoea pityocampa) a la Vall d'Alinyà*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Autónoma de Barcelona.

Cebeci et al. (2010). "Control of pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* with *Bacillus thuringiensis* in Antalya, Turkey". *Journal of Environmental Biology*, 31(3), pp. 357-61

Curiel, V., Arribas, C. y Guadalajara, M. (1997). "Método puntual en la lucha contra la procesionaria". Guadalajara: Servicio de Medioambiente Natural, Delegación de Agricultura y Medio Ambiente.

Demolin, G. (1969). "Bioecología de la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Incidencia de los factores climáticos". *Boletín Del Servicio de Plagas Forestales*, XII (23), pp. 9-24.

Dutau, G. (2018). "Réactions allergiques et dermatites à *Thaumetopoea pityocampa*. Revue critique à propos d'un cas". *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 58(8), pp. 598-603. Disponible en: <https://www.elsevier-masson.com/en/revue/reval/58/8> [Consultado: 21 de febrero de 2020]

El Yousfi, M. (1990). "Posibilidades de tratamiento contra la procesionaria del pino mediante una preparación a base de *Bacillus thuringiensis* (Berl.) aplicada desde el suelo". *Bol. San. Veg. Plagas*, 16, pp. 543-547.

García Marí, F., Costa Comelles, J., y Ferragut Pérez, F. (1994). *Las plagas agrícolas*. (2a ed.) Valencia: Phytoma España.

Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (2014). "La procesionaria del pi. *Thaumetopoea pityocampa* Schiff". Disponible en: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/ag_agricultura/ag02_sanitat_vegetal/ag02_02_plagues/documents_plagues/fitxers_estatics/fitxa_06_processionaria_pi.pdf [Consultado: 28 de noviembre de 2019]

Gomboc, S., Evans, H. y Martin, J.C. (2004). "*Thaumetopoea pityocampa*". *OEPP/EPP, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 34, pp. 295-297. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2338.2004.00731.x> [Consultado: 30 de enero de 2020]

Hernández, M. (1986). "Frecuencia e intensidad del viento en Zaragoza". *Geophicalia 2ª época*, 27, pp. 63-75.

Higueras, M. (2019). “Uso de cajas refugio de muerciélagos como nueva estrategia de control de la procesionaria del pino en Zaragoza”. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.

Hódar, J.A., Castro, J. y Zamora, R. (2003). “Pine processionary Caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming”. *Biological Conservation*, 110(1), pp. 123-129.

Hódar, J.A., Zamora, R. y Castro, J. (2012). “Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species”. *Ecological Entomology*, 27, pp. 292-301. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2311.2002.00415.x>

[Consultado: 4 de abril de 2020]

Hódar, J.A., Zamora, R. y Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas* 21(3), pp. 73-78. Disponible en: [https:// revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/ article/ view/700](https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/700) [Consultado: 4 de abril de 2020]

Instituto Aragonés de estadística. (2017). “Superficie forestal arbolada por tipo de vegetación dominante”. *Anuario de estadística 2017*, pp. 112. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/version-anual-datos-basicos#anchor2> [Consultado: 15 de mayo de 2020]

Ivars, C. (2017). “Un estudio de la UZ realizará un seguimiento sobre la procesionaria”. *Heraldo de Aragón*, 14 de julio. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2017/07/14/un-estudio-realizara-seguimiento-sobre-procesionaria-1186781-2261126.html>

Junta de Extremadura, Consejería de Industria, Energía y Medioambiente. (s.f.). *Plagas y enfermedades de las masas forestales extremeñas. La procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Den. & Schiff.). Manual para la evaluación de los niveles de infestación en rodales de seguimiento.* Disponible en: http://extremambiente.juntaex.es/files/forestal/sanidad/10_Thaumetopoea%20pityocampa.pdf [Consultado en 12 de diciembre de 2020]

López-Sebastián, E., Selfa, J., Guara, M., Tschorsnig, H.P., y Pujade-Villar, J. (2007). "Sobre los parasitoides asociados a las fases de larva y pupa de la procesionaria del pino en cuatro bosques mediterráneos (España)". *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 33(1), pp. 53-60. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Plagas/BSVP_33_01_53_60.pdf [Consultado: 4 de enero de 2020]

Martín, E. (2010). "La procesionaria del pino, ciclo biológico, daños y métodos de control". *Plagas y enfermedades de las masas forestales españolas*, N°1. Disponible en: <http://www.redforesta.com/wp-content/uploads/2011/02/FICHA-N1-La-procesionaria-del-pino.pdf> [Consultado: 28 de diciembre de 2019]

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente, Área de Inventarios y Estadísticas Forestales. (2016). *Inventario de Daños Forestales (IDF) en España. Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques. Nivel I. Resultados del muestreo de 2016.* Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventariodedanosforestalesidf2016_tcm30-377060.pdf [Consultado 12 de febrero de 2020]

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente. (2017). *Inventario de Daños Forestales (IDF) en España.* Disponible en: <https://www.mapa.gob.es0>

/es/desarrollorural/ temas/ politicaforestal/ inventariodedanosforestales2017_tcm30-441605.pdf [Consultado: 12 de febrero de 2020]

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (2020). *Registro de Productos Fitosanitarios*. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=243> [Consultado: 18 de abril de 2020]

Mirchev, P., Georgiev, G., Georgieva, M. y Bocheva, L. (2016). "Impact of low temperatures on pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) larval survival in Bulgaria". *Silva Balcanica* 17(1), pp. 51-58.

Montoya, R., Hernández, R., Pérez V., y Martín, E. (2002). "Procesionaria del pino. *Thaumetopoea pityocampa*. Lepidóptera, FAM. *Thaumetopoidae*". *Informaciones técnicas*, 2.

Muñoz, C., Pérez, V., Cobos, P., Hernández, R., y Sánchez, G. (2007). *Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. (3ªed.) Madrid: Mundi- Prensa.

Pérez-Contreras, T., Soles, J., y Soler, M. (2008). "Needle asymmetry, pine vigour and pine selection by the processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*". *Acta ecológica*, 33(2), pp. 213-221. Disponible en: https://bwww.researchgate.net/publication/223919244Needle_asymmetry_pine_vigour_and_pine_selection_by_the_processionary_moth_Thaumetopoea_pityocampa/references [Consultado: 26 de marzo de 2020]

Poulsom, L. (2016). *Contingency Plan for the Pine Processionary Moth (Thaumetopoea pityocampa)*. Disponible en: <https://www.forestresearch.gov.uk/documents/7171/Bronze-Birch-Borer-Contingency-plan.pdf>. [Consultado: 28 de junio de 2019]

Riba, J.M. (2009). "Control de plagas ornamentales que deben considerarse como inaceptables en los espacios verdes urbanos", *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 208, 26.

Robinet, C., Rousselet, J. y Roques, A. 2014. "Potential spread of the pine processionary moth in France: preliminary results from a simulation model and future challenges". *Annals of Forest Science*, 2(71), pp. 149-160. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257805109_Potential_spread_of_the_pine_processionary_moth_in_France_Preliminary_results_from_a_simulation_model_and_future_challenges [Consultado: 28 de abril de 2020].

Romanyk, N. y Cadahia, D. (2001). *Plagas e insectos en las masas forestales*. Madrid: Mundi-Prensa.

Rossi, J.P., Imbault, V., Lamant, T. y Rousselet, J. (2016). "A citywide survey of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* spatial distribution in Orleans (France)". *Urban Forestry & Urban Greening*, 2016(20), pp. 71-80. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716303120?via%3Dihub> [Consultado: 25 de octubre de 2019]

Salman, H.R., Hellrigl, K., Minerbi, S., y Battisti, A. (2016). "Prolonged pupal diapause drives population dynamics of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) in an outbreak expansion area". *Forest Ecology and Management*, 361,

pp. 375-381. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112715006581> [Consultado: 2 de enero de 2020]

Sanchis, N., Cobos, P., Cobos, J.M. y Soria, S. (1990). "Lucha contra la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoidae): ensayos de lucha química con productos inhibidores del desarrollo, bacterianos y piretroides". *Bol. San. Veg. Plagas*, 16, pp. 229-245. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-16-01-229-245.pdf> [Consultado: 7 de abril de 2020]

Sarto, V., Vives, J.M, y Rojo, M. (1989). "Pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) complex in Catalonia. Its geographical phenology and current methods of control". *Nota lipid*, 12 supplement, pp.1-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264362646_Pine_processionary_moth_Thaumetopoea_pityocampa_complex_in_Catalonia_Its_geographical_phenology_and_current_methods_of_control [Consultado: 27 de enero de 2020]

Torres, L. (2015). "*Estudio de la dinámica poblacional de la Procesionaria del Pino en el Espacio Natural de Sierra Nevada, dentro del Marco de Cambio Global. Análisis aplicado para una gestión adaptativa*". Tesis Doctoral. Universidad de Granada

Uzunhisarcikli, M., Kalender, Y., y Suludere, Z. (2014). "Effects of *Bacillus thuringiensis* kurstaki on midgut cells of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), the pine processionary Caterpillar". *Gazi University Journal of Science*, 27(2), pp. 861-870

Zhang, Q.H., y Paiva, M.R. (1998). "Female calling behaviour and male response to the sex pheromone in *Thaurnetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., *Thaumetopoeidae*)". *Journal of applied entomology*, 122(7), pp.353-360. Disponible en <https://onlinelibrary-wiley.com/cuarzo.unizar.es:9443/doi/pdfdirect/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01512> [Consultado: 26 de abril de 2020]

ANEXOS

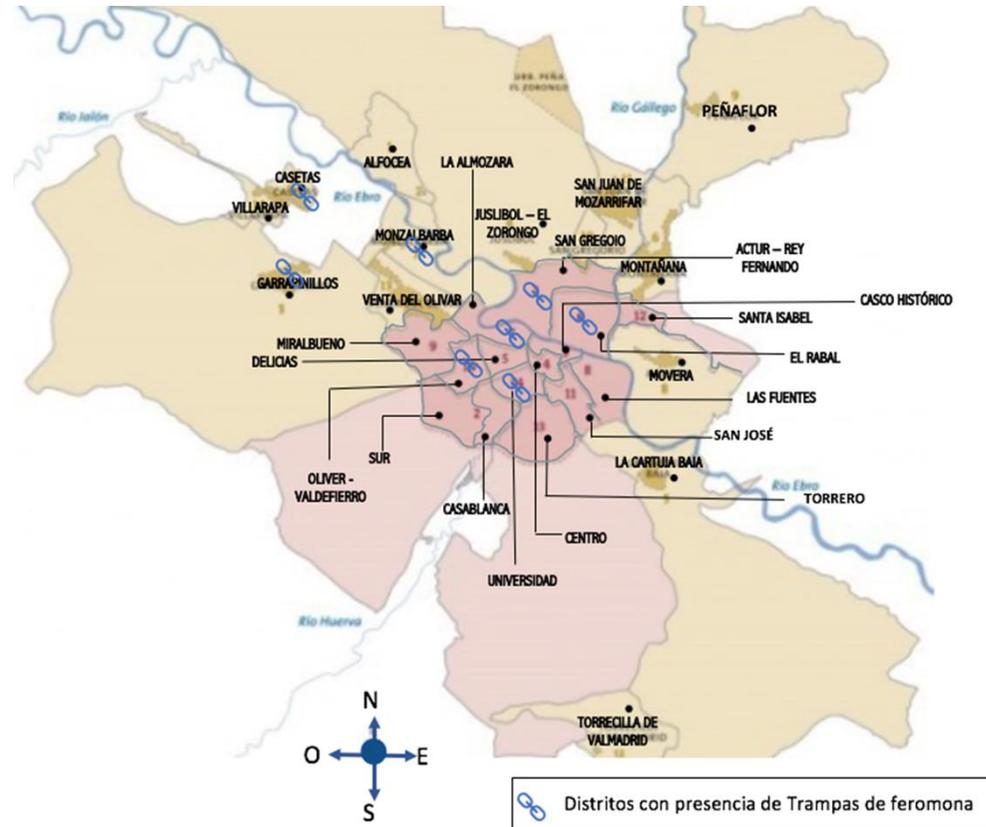
Anexo I. Productos fitosanitarios permitidos para la lucha contra la procesionaria

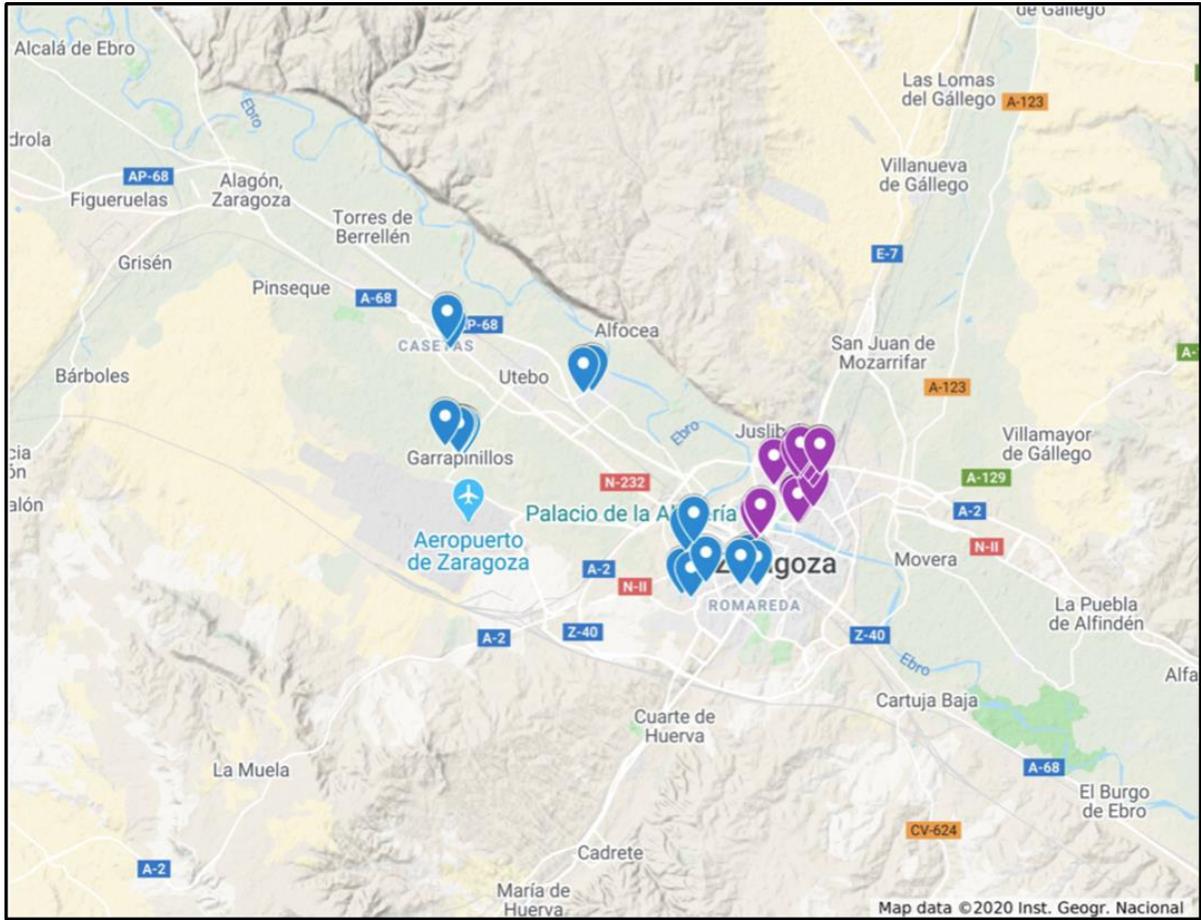
A continuación se enumeran los Productos Fitosanitarios para lucha contra *T.pityocampa* autorizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a fecha 18 de abril de 2020.

PRODUCTO	USOS PERMITIDOS
ALFA CIPERMETRIN 10% [EC] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales.
AZADIRACTIN 1% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales. Uso profesional en espacios no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos) No autorizado para jardinería exterior doméstica.
AZADIRACTIN 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V	Uso profesional en espacios no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos) No autorizado para jardinería exterior doméstica
BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 50% [WG] P/P	Uso profesional en espacios no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos)
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (Cepa EG 2348) 22,6% (24 x 10E6 UI/g) [SC] P/V	Uso profesional en lugares no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos)
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (CEPA PB-54) 9,74% (16x10E6 U.I./G) [SC] P/V	Uso profesional en lugares no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos) No se debe autorizar para uso en jardinería exterior doméstica
BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (EG 2348) 18,3% (24x106 U.I./G) [SC] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales en lugares no destinados al público en general. (Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios). (No permitido espacios públicos)
CIPERMETRIN 0,35% [UL] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales. Autorizado para uso doméstico y jardinería exterior doméstica.
DELTAMETRIN 10% [EC] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales.
DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales. Uso profesional en espacios no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos)
LAMBDA CIHALOTRIN 5% [EG] P/P	Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales.
TEBUFENOCIDA 24,7% [SC] P/V	Uso profesional en lugares no destinados al público en general. (No permitido espacios públicos) No se debe autorizar para jardinería exterior doméstica.

*Las limitaciones de uso de estos productos en ambientes urbanos vienen determinadas por el *Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios* y lo establecido en el registro de cada producto.

Anexo II. Ubicación trampas de monitoreo





RUTA 1



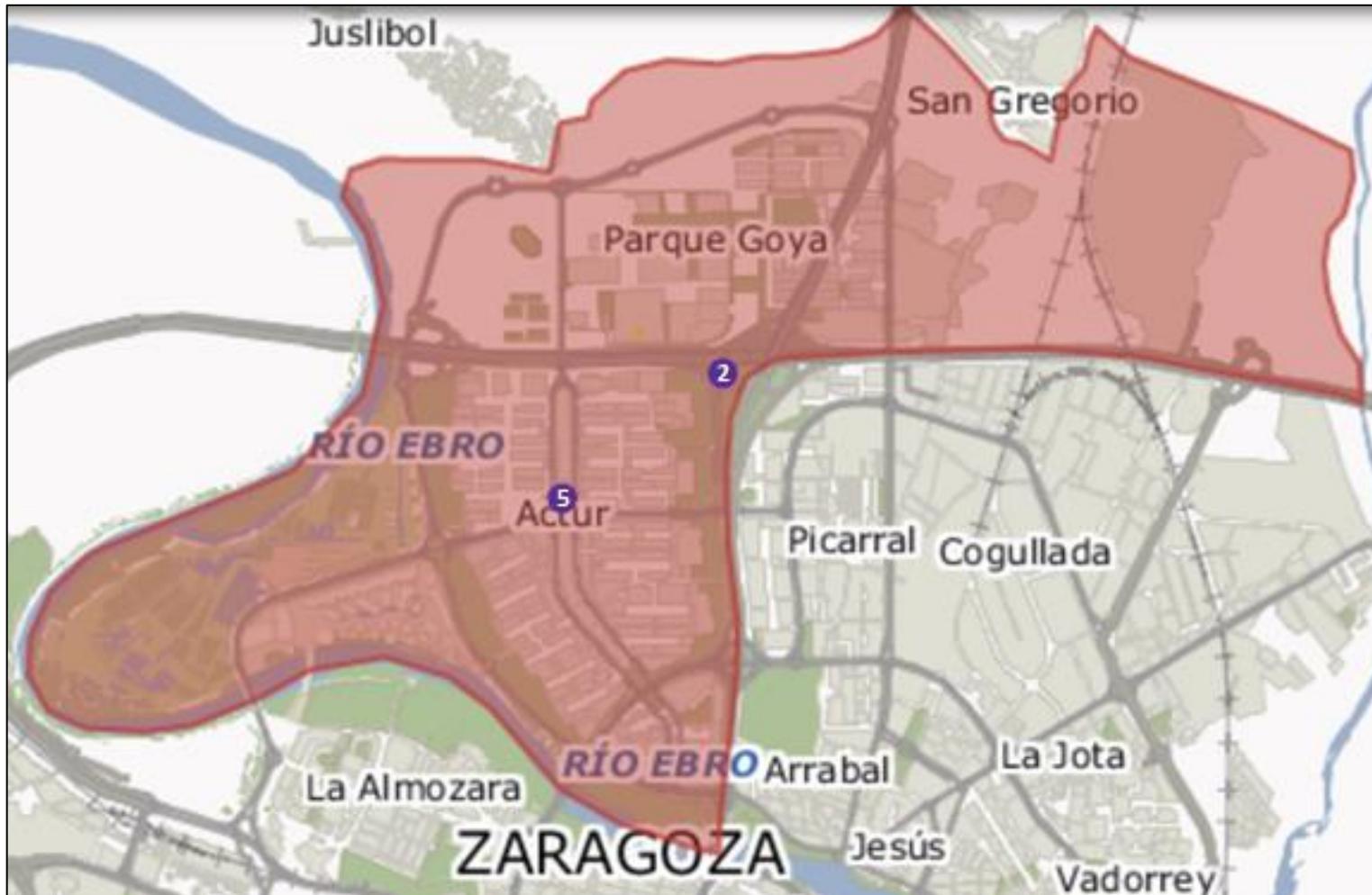
RUTA 2



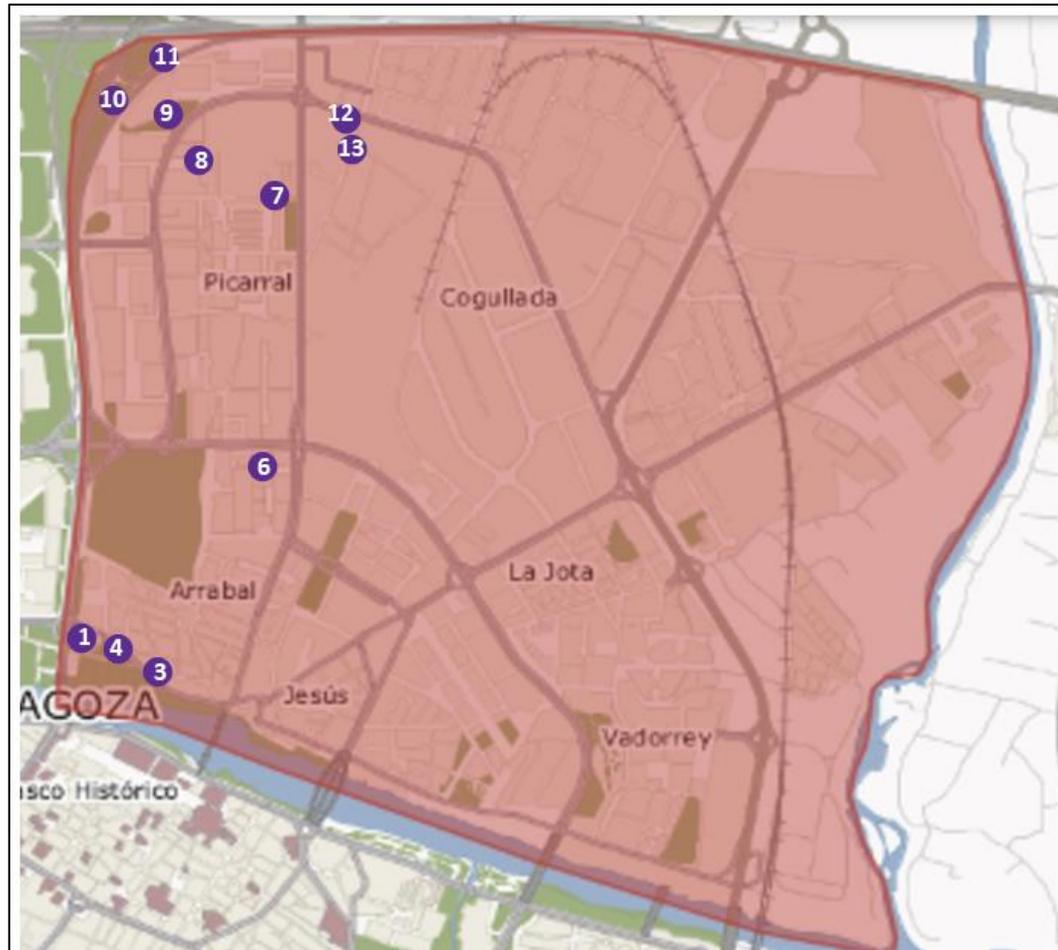
Ruta 1: Leyenda localización de cada una de las trampas

- 1 Avenida Pirineos
- 2 Avenida Pirineos 2
- 3 Calle Zalmedina nº 1
- 4 Calle Palencia
- 5 Rotonda Gran casa
- 6 Escuela Pirineos
- 7 Monte Perdido
- 8 Somport
- 9 Guardería Zalfonada
- 10 Pinos de carretera-Parque infantil (colegio zalfonada)
- 11 Pinos de carreteras- Parque infantil (colegio zalfonada) 2
- 12 Alcalde Caballero-San Juan de la Peña
- 13 Alcalde Caballero- San Juan de la Peña 2
- 14 Rotonda de la ciudadanía
- 15 Aljafería
- 16 Aljafería 2

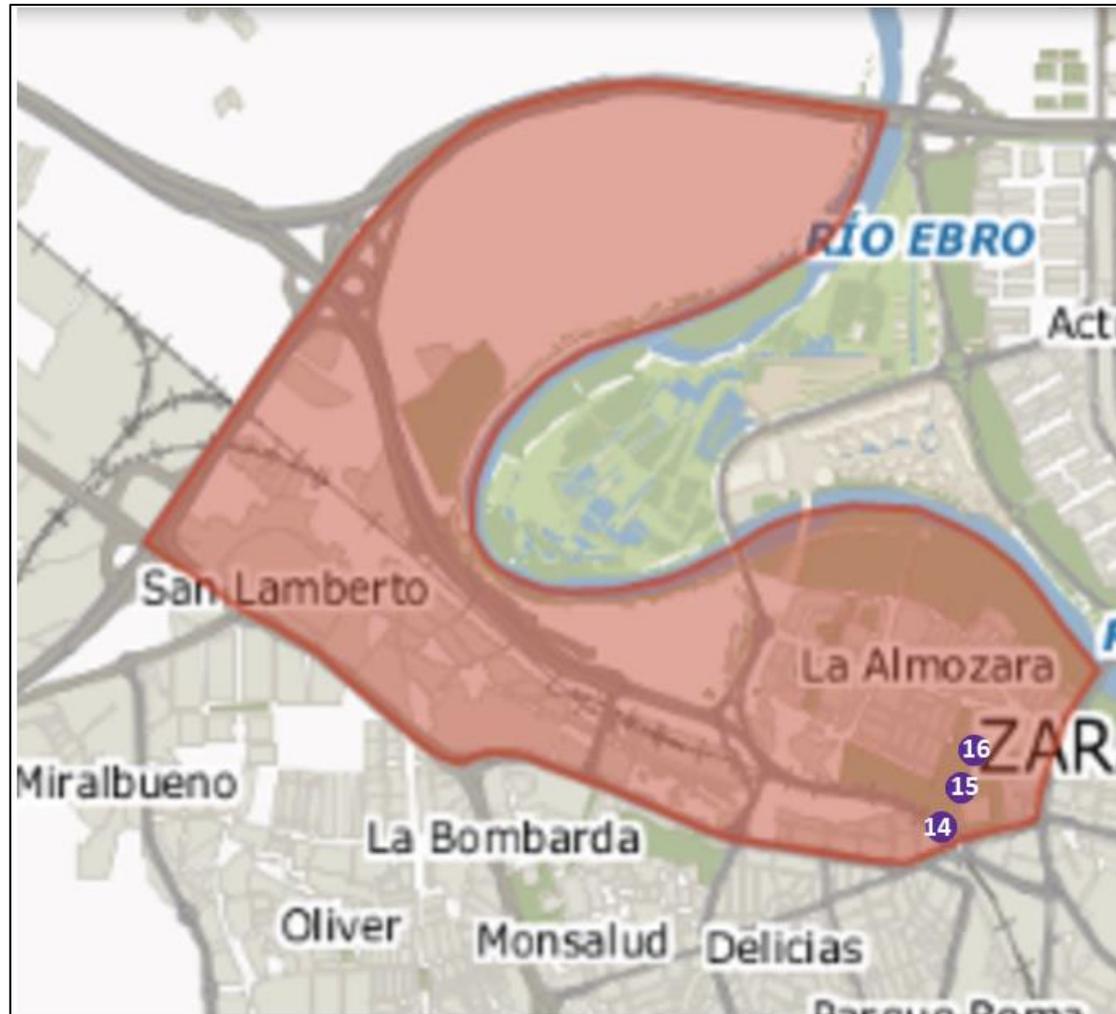
Distrito: ACTUR – REY FERNANDO



Distrito: EL RABAL



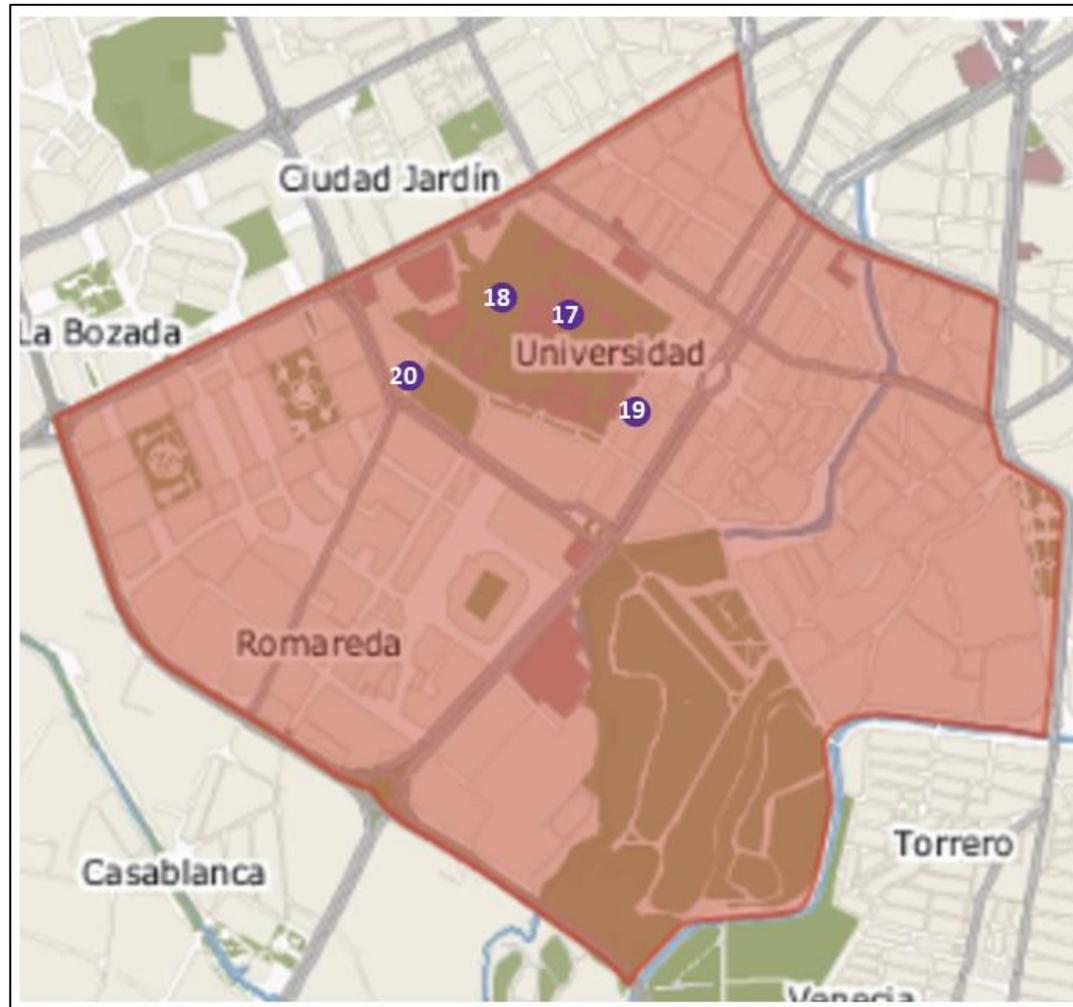
Distrito: LA ALMOZARA



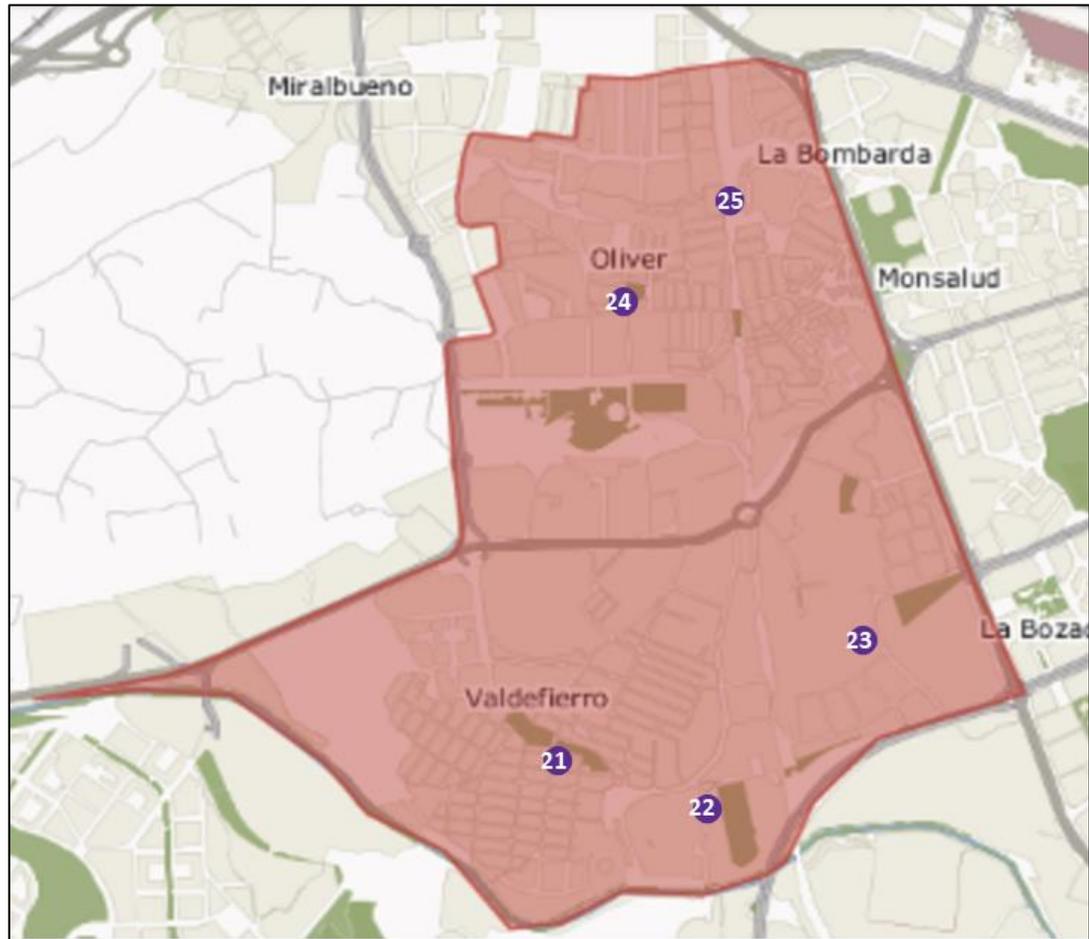
Ruta 2: Leyenda localización de cada una de las trampas

- 1 Interfacultades
- 2 F. Ciencias
- 3 Pedro Cerbuna
- 4 Violante Hungría
- 5 Andrómeda (Valdefierro)
- 6 Torrepararitos (Camino Depósitos)
- 7 Alto Carabinas
- 8 Lolita Parra
- 9 Marqués San Felices
- 10 Colegio Garrapinillos
- 11 Pza España (Garrapinillos)
- 12 Ntra Señora del Rosario (Garrapinillos)
- 13 Cementerio Garrapinillos
- 14 San Jorge-Cementerio Casetas
- 15 Canarias (Casetas)
- 16 Camino Estación (Monzalbarba)
- 17 Tejero Molina (Monzalbarba)

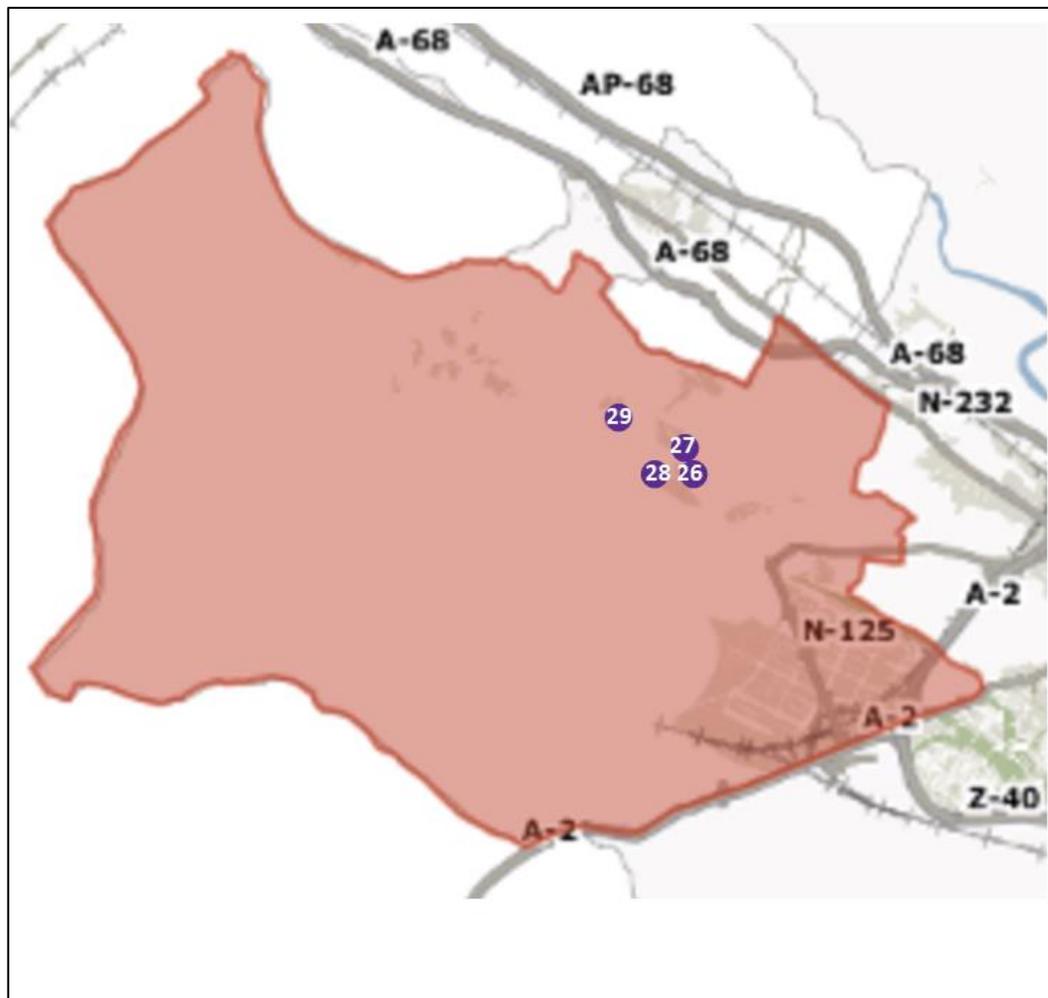
Distrito: UNIVERSIDAD



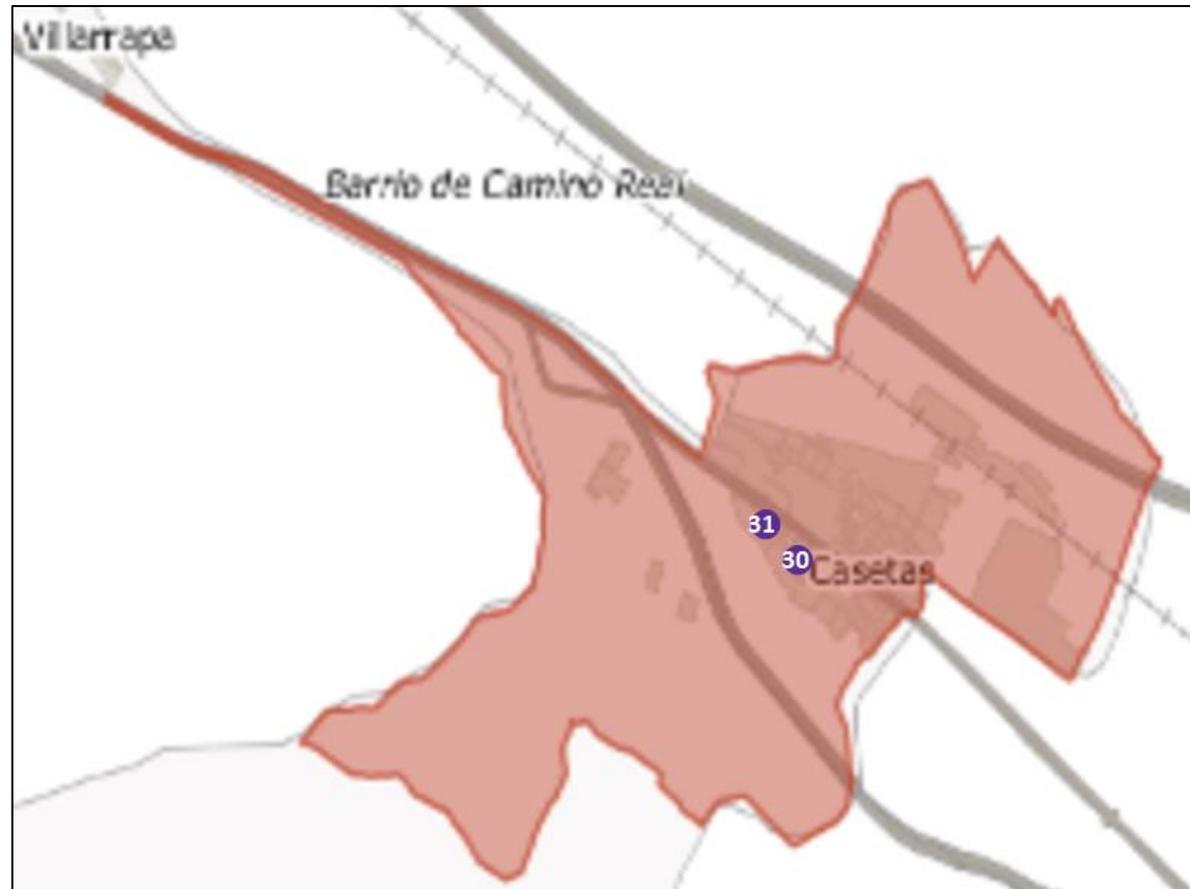
Distrito: OLIVER - VALDEFIERRO



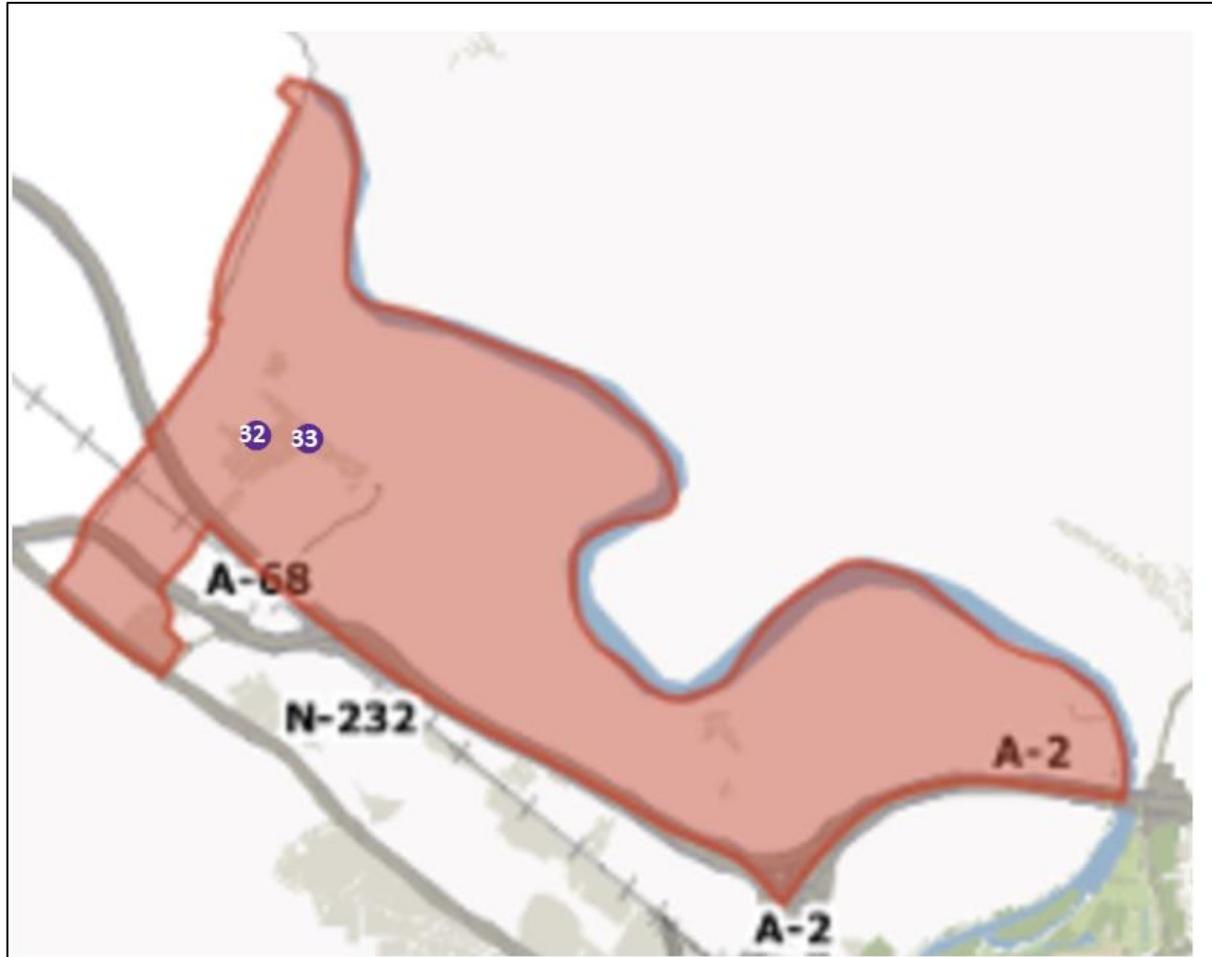
Distrito: GARRAPINILLOS



Distrito: CASETAS



Distrito: MONZALBARBA



Anexo III. Localización de cada una de las trampas de feromona para captura de machos.

FECHA	UNIDADES	CALLE	DISTRITO
22/06/2017	2	Pablo Ruiz Picasso	ACTUR
	6	Federico Engels	EL RABAL
	1	Frente Parque de los Cineastas	ACTUR
	4	Avda Almozara	ALMOZARA
	1	Avda Almozara - Parque Cruz Roja	
	1	CP Jerónimo Zurita (Avda Almozara)	
	1	CP Puerta Sancho (Batalla de Arapiles)	
	1	Avda Pablo Gargallo	
	1	Reino	
23/06/2017	2	Av. Pirineos	EL RABAL
	1	Somport	
	1	Plaza San Gregorio	
	1	Salvador Allende - Antonio Tramullas	
	1	Alcalde Caballero-San Juan de La Peña	
	1	Monte Perdido	
	1	Ortiz de Zárate	
	1	Escuela Pirineos	
	1	Valle de Oza	
	1	CP Eugenio López y López (Cañón de Añisclo)	
	1	Valle de Zuriza	
	1	Sobrarbe	
	1	Caminos del Norte	
	1	Arquitecto Lafiguera	
	1	Valimaña	
26/06/2017	1	Camino Alfocea	ALFOCEA
	1	Salitreria - Castellar	
	1	CP Antonio Martinez Garay	CASETAS
	1	Plaza Arnal Gorria	
	1	Plaza Costa	
	1	Por determinar	VILLARRAPA
	2	Viveros Municipales	CASABLANCA
27/06/2017	1	Dr. Fleming	CASCO HISTÓRICO
	1	Via Hispanidad-Avda Navarra	DELICIAS

	1	Via Hispanidad-Avda Madrid	
	1	Biarritz-Manuel Falla	
	1	Roger de Flor	
	1	Ntra. Sra del Salz	
	1	Antonio Bravo - Eloy Martínez	
	1	Murero	
	1	Celso Emilio Ferreiro	
	1	Rioja	
	1	CP Ana Mayayo (Comin Ros)	
	1	CP José Camón Aznar (Avda Navarra)	
	1	CP Monsalud (Marianela Garcia Villas)	
	1	Tarazona	
	1	Via Universitas	
	1	Duquesa Villahermosa	
	1	Escoriaza y Fabro	
	1	Anselmo Clavé	CENTRO
28/06/2017	1	Miguel Asso (52_716)	EL RABAL
	1	CP Espartidero (Dieciséis de Julio) (71_3513)	SANTA ISABEL
	1	Avda Santa Isabel (71_84)	
	1	Avda Santa Isabel (71_3083)	
	1	Plaza de la Cultura (71_445)	
	1	Inocencio Ruiz Lasala (71_983)	
	1	Avda Real Zaragoza (71_1017)	
29/06/2017	1	CP Juan Enrique Iranzo (calle Zaragoza)	JUSLIBOL
	1	Domingo Zaera	
	1	Almacén	
	1	Cementerio	
	2	Bar, 2	
	1	Once de Julio (52_1650)	EL RABAL
	1	CP LA JOTA (Balbino Orensanz) (52_10895)	MONTAÑANA
	1	CP Hermanos Argensola (Camino escuelas)	
	1	Parque Montañana	
	1	Plaza de los Serales	MOVERA
	1	Avda de Movera	
	1	Plaza Mayor	
1	CP Florencio Jardiel (Francisco Gracia)	PEÑAFLORES	
04/07/2017	1	Oviedo	CASERAS
	1	San Jorge-Cementerio	GARRAPINILLOS
	1	CP Gustavo Adolfo Bécquer (Avda Jota)	

	1	Puerta Clavería	MONZALBARBA	
	1	Ntra. Sra del Rosario		
	1	Plaza de España		
	1	La Jota		
	1	Camino de la Estación		
	1	Tejero Molina		
	1	C P San Gregorio		SAN GREGORIO
	1	Jesus y María		
	1	Cristo Rey - Jesús y María		
	1	Avda San Gregorio		
05/07/2017	1	Dr. Irazo	LAS FUENTES	
	1	Florentino Ballesteros		
	1	Monasterio de Samos		
	1	Camino Las Torres-CDM Alberto Maestro		
	1	José Galiay		
	1	CP Calixto Ariño (José Galay)		
	1	CP Torre Ramona (Batalla de Lepanto)		
	1	José Pellicer		
	1	Rosellón		
	1	Lagos de Coronas	MIRALBUENO	
1	CP Julian Nieto			
06/07/2017	3	Vía Ibérica	UNIVERSIDAD	
	1	Plaza de la Ermita		
	2	Juan II con Pedro IV el Ceremonioso		
	1	CP Eliseo Godoy (Asín y Palacios)		
	1	CP Basilio Paraiso (Mariano Supervía)		
	1	El Greco		
	1	CP César Augusto (Pedro II el Grande)		
	1	CP Doctor Azúa (Pedro II el Grande)		
1	Luis Bermejo			
07/07/2017	1	Espronceda	OLIVER- VALDEFIERRO	
	2	Plaza Lolita Parra		
	1	Marqués de San Felices		
	1	Alfredo Nobel-Monasterio de Piedra		
	1	Mosen José Bosqued-Autovia Madrid		
	1	Av. Madrid - Ambulatorio		
	1	Veronese	TORRERO	
	1	Piranisi		
11/07/2017	1	CP Andrés Olivan (Dr. Palomar)	SAN JUAN DE MOZARRIFAR	
	1	Centro Deportivo Municipal		
	1	Plaza España		

	1	Cementerio	TORRERO
	2	Cuarta Avenida	
	1	Nuestra Señora de la Oliva	
	1	CP Ramon Sainz de Varanda (Nª Sra de la Oliva)	
	1	Fray Julián Garcés	
	1	Cementerio (zona exterior)	
	1	Pedro Cerbuna - Plaza Emperador	UNIVERSIDAD
12/07/2017	2	Violante de Hungría	UNIVERSIDAD
	1	Colegio Mayor Pedro Cerbuna	
	1	Facultad de Ciencias	
	1	Facultad de Filosofía y Letras	
	1	Interfacultades	DELICIAS
	1	Rioja	
	5	Universitas	
	1	C P Castillo Palomar - Ana Mayayo	TORRERO
2	Mesones de Isuela -a ambos lados C P Domingo Miral		
13/07/2017	1	Centauro	OLIVER-VALDEFIERRO
	2	Parque - Torrepararitos	
	1	Parque - CP Jerónimo Blancas (El Noticiero)	
	1	Orión	
	1	Tambor de Hojalata	SUR
	2	Acorazado Potemkin	
	5	Mago de OZ	
	2	Avda de la Ilustración	
5	Avda de la Ilustración (parte trasera, ronda norte)		
14/07/2017	1	Autonomía de Aragón	LA CARTUJA
	1	San Bruno	
	1	Plaza Mayor	
	1	Depuradora	TORRECILLA DE VALMADRID
	1	La Iglesia	
	1	Virgen de la Asunción	DELICIAS
	1	Plaza José Antonio Labordeta	
	5	Av. Ilustración	LA CARTUJA
6	Polígono Empresarium - Ronda perimetral		
17/07/2017	1	Volver a Empezar - C P Valdespartera	CASABLANCA
	1	Belle Epoque - descampado	

Anexo IV. Datos recogidos durante los muestreos

a) Lectura trampas de monitoreo para ambas rutas establecidas en la ciudad.

GRUPO 1				
nº trampa	Localización	Ejemplares capturados 3/08/2017	Ejemplares capturados 17/08/2017	Ejemplares capturados 31/08/2017
1	Avenida Pirineos	79	17	0
2	Avenida Pirineos 2	9	8	0
3	Calle Zalmedina nº 1	12	3	0
4	Calle Palencia	26	12	0
5	Rotonda Gran casa	34	17	0
6	Escuela Pirineos	60	65	0
7	Monte Perdido	68	71	15
8	Somport	88	183	58
9	Guardería Zalfonada	171	194	36
10	Pinos de carretera-Parque infantil (colegio zalfonada)	172	3 (rota)	5
11	Pinos de carreteras- Parque infantil (colegio zalfonada)	33	8	0
12	Alcalde Caballero-San Juan de la Peña	NO	29	48
13	Alcalde Caballero- San Juan de la Peña 2	196	154	55
14	Rotonda de la ciudadanía	161	105	19
15	Aljafería	139	77	15
16	Aljafería 2	22	44	13

GRUPO 2				
nº trampa	Localización	Ejemplares capturados 10/08/2017	Ejemplares capturados 24/08/2017	Ejemplares capturados 07/09/2017
1	Interfacultades	60	140	15
2	F. Ciencias	75	86	6
3	Pedro Cerbuna	54	46	3
4	Violante Hungría	82	57	2
5	Andrómeda (Valdefierro)	100	25	5
6	Torrepararitos (Camino Depósitos)	29	51	4
7	Alto Carabinas	rota	70	2
8	Lolita Parra	55	15	
9	Marqués San Felices	60	1	2
10	Colegio Garrapinillos	17	34	2
11	Pza España (Garrapinillos)	98	6	0
12	Ntra Señora del Rosario (Garrapinillos)	34	9	0
13	Cementerio Garrapinillos	437	125	1
14	San Jorge-Cementerio Casetas	94	20	3
15	Canarias (Casetas)	292	32	2
16	Camino Estación (Monzalbarba)	337	55	6
17	Tejero Molina (Monzalbarba)	221	40	8

b) Trampas barrera colocadas en los troncos. Fechas de colocación, muestreo y revisión.

Ubicación	Nº Anillos colocados	Colocación	Revisión	Retirada
Parque Castillo Palomar	2	16/02/2018	16/03/2018	09/05/2019
Parque del Conocimiento (MONTECANAL)	3	16/02/2018	-	09/05/2019
Parque Alfocea	1	19/02/2018	16/03/2018	09/05/2019
La Herrería (JSL) Nº 14-20	1	27/02/2018	16/03/2018	09/05/2019

Anexo V. Zonas de aplicación de Bacillus thuringiensis.

FECHA	UBICACIÓN	DISTRITO
08/10/2017	C.P. Puerta Sancho	ALMOZARA
	U1-U3 Pte. Autopista-La Almozara y Triángulo La Almozara	
	Batalla de Almansa	
	Padre Consolación	
	Jardines de Lisboa	
	Bruselas	
	Parque Atenas	
	Avenida Almozara	
	Calle Oslo	
	Parque de la Maceta	
	Vicor, Sierra de Parque	
09/10/2017	Parque Aljafería	ALMOZARA
	Doctor Fléming	CASCO HISTORICO
	Parque Bruil	
	Corral de la Leña	
	Boterón (Centro Tercera Edad)	
	Camino de las Torres- CDM Alberto Maestro	CENTRO
	Lorenzo Pardo	
	Parque Miraflores	
Calle Jeronimo Zurita		
10/10/2017	Gran Vía junto al Río Huerva	CENTRO
	Ricla	
	Sitios, Plaza de los (zona juegos infantiles)	LAS FUENTES
	C P Torreramona	
	Tuzsa (entrada)	
	Florentino Ballesteros	
	Parque Glorietas de Goya	
	Samos, Monasterio de	
	Parque Torre Ramona	
	Herrerín	
	Parque Torreramona	
	Parque Pignetelli	
	C.P. Calixto Ariño (Jose Galiay)	
	José Galiay	
Parque la Granja		
Paseo Rosales (Talud Agustinos)		

	Camino de las Torres	
	Plaza Albert Schweitzer	
	Pellicer, José	
	Armisen, Enrique (Junto a cervezas la Zaragozana y María Moliner)	
	Tejar	
	Nebra, José final de calle	
	Sicilia	
	Miraflores, Camino de	
15/10/2017	Rosellón	SAN JOSÉ
	Petunia	LAS FUENTES
	Plaza Mayor de San José	SAN JOSÉ
	C.P. Ramón Sainz de Varanda N ^a S ^a de la Oliva	
	C.P. Miguel Labordeta preescolar Cuarta Avenida, s/n	
	C.P. Miguel Labordeta preescolar Cuarta Avenida, s/	
16/10/2017	C.P. Ramón Pignatelli Octavio de Toledo, 2	
	C.E.E. San Martín de Porres (Junto a Calle África)	
	África esquina C/ Pinar	
	Camino de Cuarte Escuela de Jardinería	
	Gascón y Guimbao	
	Chinas, Plaza de las	
	Gallur, Plaza de	
	C.P. Domingo Miral (C/ Mesones de Isuela)	
	Parque Fray Julián Garcés "Cárcel"	
	Monzón - Centro Cívico Torrero	
	García Condoy, Honorio	
	Paseo Cuellar	
	Parque de La Paz	
17/10/2017	Parque Calle Oviedo alrededor del campo de fútbol	
	Cuarta Avenida esquina Tte. C. León Moyano (fte ambulatorio)	
	C.P. Basilio Paraiso (Mariano Supervía)	
	C.P. Andrés Recarte y Ornat (San Juan Bosco n ^o 7)	
	C.P. Cesar Augusto ,Pedro II el	
		TORRERO
		TORRERO
		UNIVERSIDAD

	Grande, 5	
	C.P. Doctor Azúa (Pedro III el Grande, 4)	
	C.P. Eliseo Godoy Asín y Palacios, 19	
	Domingo Miral	
	Universidad	
18/10/2017	Ríos Romeros, Francisco zona de pinar	TORRERO
	Oliva, Monasterio de el pino nº 11 entrando por P. Parellada	
	Pensamiento (Cuarta Avenida - Roció)	
	Cementerio de Torrero	
	Jose López Landa	
	José María Sanz Artibucilla	
	Valdegurriana	UNIVERSIDAD
	Palacio Ducal	
	Cuarta Avenida (C/ Pensamiento)	
	Hungría, Violante de (Mediana)	
Exterior Palacio de Deportes (Alrededores)		
Jardines Al Andalus		
Taifa Saraqusta	UNIVERSIDAD	
Aragón, Juan II de con Pedro IV el Ceremonioso		
Pedro IV el Ceremonioso		
Carlos, Emperador (Plaza)		
	Cerbuna, Pedro	
19/10/2017	Parque Grande Jose Antonio Labordeta	UNIVERSIDAD
	Cabezo Buenavista (P. J. Antonio Labordeta)	
	Las Palmeras - Aula de La Naturaleza. (P. J. Antonio Labordeta)	
	Villa de Calcena (P. J. Antonio Labordeta)	
	Ibérica, Vía entre Gral. Capaz y rotonda de Valdespartera	CASABLANCA
	Talud de Pellicena Av. Zaragoza (SIS)	SANTA ISABEL
	Ruiz Lasala (SIS)	
	C. P. Espartidero (SIS)	
	Avenida Santa Isabel (SIS)	
	Plaza de la Cultura (SIS)	

	Claret, Padre (MVR)	MOVERA
	Bº de Movera (MVR) Viveros Santa Engracia	
	Bº de Movera (MVR) Pza del Tejar	
	Bº de Movera (MVR) Vado	
	Bº de Movera (MVR) Pza Serales	
22/10/2017	C.P. Hermanos Argensola (MNT)	MONTAÑANA
	San Roque, (MNT)	
	Parque Montañana (MNT)	PEÑAFLORES
	Consultorio Médico (Peñaflor)	
	C. P. San Juan de Mozarrifar España, Plaza de (SJN)	
23/10/2017	Ermita, La	CASABLANCA
	El Greco	
	Parque de Los Incredulos	
	Vía Ibérica, 2	
	Álvarez, Marcelino nº 48	
	Jesús y María (SGR) (parque de la Pipa)	SAN GREGORIO
	Cascajo, Ctra. Del (SGR)	
	Barrio de San Gregorio (SGR)	
	Avda. San Gregoria (SGR)	
	Avda. Cristo Rey (SGR)	JUSLIBOL
	C.P. Juan Enrique Iranzo (JSL)	
	Herrería (JSL)	
	Cementerio, Con. Del (JSL)	
	Bar (JSL)	
	Bº de Juslibol (JSL) todas las zonas en las que existan pinos	
Herrerín (JSL)		
Cementerio, Con. Del (JSL)		
24/10/2017	Mago de Oz (Valdespartera)	CASABLANCA
	El Libro de la Selva	
	Camino Fuente La Junquera	
	Ctra. Valencia Talud subida depósitos de agua	
	Acorazado de Potenkin	
	Ilustración, Av. De la	
	Valdespartera (Camino Interior)	
	Volver a Empezar (Valdespartera)	
	Valdespartera (Pinar junto Parque La Razón)	
Parque La Razón		

	Parque del Conocimiento	DELICIAS
	Urbanización Montecanal (caminos perimetrales norte-sur)	
	Parque Soto del Canal	
	C.P. Ana Mayayo junto a Castillo Palomar	
	C.P. José Camón Aznar (Avenida de Navarra)	
	C.P. Monsalud Marianela Garcia Villas nº 1	
	C.P. Alférez Rojas alrededor Vía Hispanidad, 68	
	Biarritz	
	Falla, Manuel de junto al Polideportivo Delicias	
	Labordeta, José A. (Plaza)	
	Parque Sedetania	
	Rioja	
	Hispanidad, Vía (Av. Madrid a Av. Navarra) Villaverde	
	Bº de la Cartuja Baja	
	Paradero (TRC)	
Parque de Torrecilla (TRC)		
EMPRESARIUM, (POLIGONO INDUSTRIAL)		
C.P. Martínez Barrado (VTO)	VENTA DEL OLIVAR	
25/10/2017	Sanz Ibañez, Doctor	DELICIAS
	Marianela García Villas	
	Nicanor Villalta	
	Celso Emilio Ferreiro	
	Parque Castillo Palomar junto Colegio San Rafael y por todo el Parque	
	Bravo, Antonio	
	Salvador Ascaso, J. M. Junto a C/ Antonio Bravo	
	Martinez, Eloy	
	Santo Domingo Savio	
	C.P. San Braulio Pantano de Yesa	
	C.P. La Jota (Balbino Orensanz)	
	C.P. Eugenio López y López(Cañón de Añisclo s/n)	
	Baleares	
	Once de Julio	

	Parque La Jota	
	Paniza	
	Calixto Ariño	
	Jardines de Cadrete	
	Parque Valmaseda	
	Vado, Travesía del	
	Perdido, Monte	
	Escuela Infantil "Pirineos"	
	CRIE - Venta del Olivar (Martinez Barrado)	MONZALBARBA
	San Blas (MNZ) calle Tejero Medina	
	Camino de la Estación (MNZ)	
	Parque de Alfocea (ALF)	ALFOCEA
	C.P. Antonio Martínez Garay (CST)	CASETAS
	Parque de la Esperanza (CST)	
	Parque Avempace	DELICIAS
	Garcés del Garro	
	Martón y Gavín	
	Jardines de Botorrita	
	Miguel Asso	
	Sobrarbe junto al C.P. Cándido Domínguez	
	Parque Macanaz	
	Parque Oriente	
	Zalmedina	
	Arquitecto Lafiguera	EL RABAL
26/10/2017	San Juan de la Peña(Peña Oroel # Valle de Broto)	
	Celorrio, Sixto junto a C/ Valle de Oza	
	Pineta, Valle de	
	María Pilar de las Heras Dopereiro	
	Palencia	
	San Jorge CST	
	Oviedo CST	
	Costa, Joaquín (Pza.) (CST)	CASETAS
	Lasheras, José (Plaza) (CST)	
	San Jorge (CST) cementerio	
29/10/2017	Teresa Serrato	DELICIAS
	Santa Teresita de Jesús todos los pinos de la calle	

	Constanza de Sicilia	
	Palao (Escultor) Glorieta	
	Berenguer de Entenza	
	Nuestra S ^a del Salz	
	Parque Delicias	
	Manuel Rodríguez Ayuso (antigua N-II)	
	Bretón, Tomás (cruce con Av. Valencia)	
	Mompeon Motos, Antonio	
	Flor, Roger de	
	Hispanidad, Vía (C/Artigas - C/E. Palao)	
	ROJAS,ALFEREZ(GP-F II	
	Parque de la Av. De la Jota (GRP)	
	Puente Clavería, Cno. De (GRP) todos los pinos camino al cementerio	GARRAPINILLOS
	Arnal Gorria, Plaza (CST) (Parque Clemente Mateo)	CASETAS
30/10/2017	C.P. Julián Nieto Tapia Camino Miralbueno	MIRALBUENO
	Las Palmeras (MRL)	
	La Rosa (MRL)	
	Pilón, Con el Ambulatorio	
	Plaza Peñetas (MRL)	
	Parque Francisco Lacasa (MRL)	OLIVER-VALDEFIERRO
	Parque Estación del Norte (Detrás de la Estación del Norte y COVASA, al final)	EL RABAL
	Guara, Sierra de	
	Polanco, Teniente (Grupo)	
	Pza. Nuez de Ebro	
	Ortiz de Zarate (Grupo)	
	Jardines Concordia	
	Parque Alcalde Caballero	
	Pinar junto a Campo- Ebro	
	Polígono-43 (Alberto Casañal zona verde)	
	España, Plaza de (GRP)	GARRAPINILLOS
	Martín Ortega (GRP)	
	Av. La Jota (GRP)	
	C.P. Gustavo Adolfo Bécquer (GRP)	
Barrio Claveria (GRP)		
Barrio de Cantarranas (GRP)		
01/11/2017	San Felices, Marques	OLIVER-

	Parque Vistabella	VALDEFIERRO
	Lagos de Coronas (MRL)	
	Dr. Rafael Salillas	
	Pedro Ruimonte (MRL)	
	Francisco Rallo Lahoz (MRL)	
	Carrera Camisera (MRL)	
	Plaza Lolita Parra (Oliver)	
	Copérnico plaza al final de la calle	
	Piedra, Monasterio de	
	Antonio Tramullas	
	EL RABAL	Valle de Broto (curva con Av. Pirineos)
		Río Grio
		Calle Castillo Peracense (detrás del ITER)
		Calle Jaime Ferrán
02/11/2017	Parque Oeste	OLIVER- VALDEFIERRO
	Jardines y talud Floresta	
	C.P. Jerónimo Blancas (Valdefierro)	
	Cetina (Junto autovía de Madrid)	
	Bosqued, José (Mosen) (Junto autovía de Madrid)	
	Artieda (Junto a calle Nobel)	
	Pilar Miró	
	Parque Valdefierro	
	Orión (Valdefierro)	
	Alto Carabinas	
	Plaza de la Inmaculada	
	Valdefierro, zona nueva C/Centauro (Taludes)	
	OCHOA, SEVERO nº4	